REVISTA
ESPAMCIENCIA
para el agro

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

ISSN-e: 1390-8103

VOLUMEN
13
N°2
JULIO-DICIEMBRE 2022

humanos EDITORIAL

latindex BASE REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico DOAJ MIAR Matriz de Información para el Análisis de Revistas PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias OAJI.net Dialnet

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

INCIDENCIA DE AGENTES POLINIZADORES SOBRE LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.)

INCIDENCE OF POLLINATING AGENTS ON THE FERTILIZATION OF THE COCOA FLOWER (*Theobroma cocoa L.*)

[1]Vianka Stéfany García García; [12]Ángel Monserrate Guzmán Cedeño

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Av. circunvalación- vía San Mateo. Manta
[2]Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2½ vía Calceta-El Gramal. Calceta, Manabí. Ecuador

Email: e1755995248@live.uleam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo de revisión

Recibido:
09/06/2022

Aceptado:
28/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):1-12

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.343

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de importancia económica distribuido en 50 países. Tiene gran connotación en el mercado internacional y la industria del chocolate. Su productividad en campo se ve limitada por condiciones bióticas y abióticas; las mismas que repercuten sobre la fecundación de la flor. Por ello, el presente trabajo de investigación documental tiene como objetivo conocer la incidencia de agentes polinizadores más eficientes sobre la fecundación de la flor del cacao. La revisión bibliográfica se basó en recopilar información de fuentes primarias que expongan resultados de estudios sobre la polinización entomófila de las flores del cultivo de cacao, dando mayor importancia a investigaciones realizadas en Ecuador. Se hizo énfasis en los factores bióticos del agro sistema del cultivo de cacao, como las especies arbóreas que favorecen el hábitat de los diferentes agentes polinizadores; entre los factores abióticos se indican: viento, agua, temperatura, humedad y suelo. En la literatura consultada se encontró que los beneficios más relevantes de la presencia de polinizadores en el cultivo de cacao son el incremento de flores fecundadas y por ende la producción de mazorcas. Se concluye que la interacción de las diferentes poblaciones de agentes polinizadores con los factores bióticos y abióticos dentro del ecosistema del cultivo favorece la producción de cacao. Por tanto es recomendable usar buenas técnicas en el manejo de la plantación para garantizar la presencia de los polinizadores.

Palabras clave: Polinización, agentes polinizadores y fecundación.

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao L.*) is a crop of economic importance distributed in 50 countries. It has great connotation in the international market and the chocolate industry. Its productivity in the field is limited by biotic and abiotic conditions; the same ones that affect the fertilization of the flower. For this reason, the objective of this documentary research work is to know the incidence of more efficient pollinating agents on the fertilization of the cocoa flower. The bibliographic review was based on collecting information from primary sources that expose results of studies on entomophilous pollination of cocoa crop flowers, giving greater importance to research carried out in Ecuador. Emphasis was placed on the biotic factors of the agro-system of cocoa cultivation, such as the tree species that favor the habitat of the different pollinating agents; among the abiotic factors are wind, water, temperature, humidity and soil. In the consulted literature, it was found that the most relevant benefits of the presence of pollinators in the cocoa crop are the increase in fertilized flowers and therefore the production of cobs. It is concluded that the interaction of the different populations of pollinating agents with biotic and abiotic factors within the crop ecosystem favors cocoa production. Therefore, it is advisable to use good techniques in the management of the plantation to guarantee the presence of pollinators.

Keywords: Pollination, pollinating agents and fertilization.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Malvaceae, es un árbol de importancia económica y se cultiva en 50 países ubicados en los trópicos húmedos, sus semillas se envuelven en vainas y se utilizan para la producción de chocolate, confitería y cosméticos (Abdullah *et al*., 2021).

Ecuador es el primer productor de cacao fino de aroma a nivel mundial, pues satisface el 60% de la demanda internacional de este producto. En 2015 produjo 264 mil toneladas métricas de cacao y logró ventas por 800 millones de dólares, mientras en 2019 representó el 86% en exportaciones de cacao, convirtiéndose en el primer exportador de América con el 40%, aumentando las cifras a 315 mil Tm (Abad *et al.,* 2021). En 2022, Ecuador prevé incrementar en un 4% el volumen de las exportaciones de cacao (hasta las 375.000 toneladas), y con ello, superar los USD 1.000 millones exportados en valor (EKOS, 2022).

Las unidades de producción del cacao se encuentran particularmente en manos de los pequeños propietarios, con rendimientos que rondan los siete quintales por hectárea (Mena *et al*., 2020), estos producen más del 80% de la demanda mundial, que cada vez exige estrictos criterios de calidad y sabor, lo cual requiere de mejores métodos y técnicas en el manejo de las plantaciones para incrementar los indicadores de productividad y calidad (Bekele y Phillips, 2019).

Vanegas (2021) indica que en el cultivo de cacao se producen pérdidas de más del 50%, debido a factores limitantes en el sistema de producción como la escasez de agentes polinizadores, que limitan el proceso de fecundación normal de la flor. Además, sostiene que la incompatibilidad sexual en el cacao sucede cuando el polen de una planta no es capaz de fecundar los óvulos de las flores de la misma planta o de otras plantas, provocando en ambos casos una baja producción. Recalca que, en una plantación, lo más importante es el número de mazorcas sanas que se cosechan; para que estas se produzcan es necesario que las flores del cacao sean fecundadas con el polen y haya un manejo adecuado del cultivo para que estas se desarrollen en forma robusta y libre de enfermedades.

De las plantas con flores que existen en el mundo, muchas de ellas son alimentos que consumimos; de las cuales, aproximadamente el 70% dependen de polinizadores para su reproducción. Se conocen tres tipos de polinización: anemófila, cuando el polen llega a las flores transportado por el viento; hidrófila, cuando el transporte lo realiza el agua; y, zoófila, cuando es realizada por un animal. La polinización zoófila (aves, murciélagos y principalmente insectos) es la más frecuente y eficaz, siendo la más importante la entomófila, realizada por insectos polinizadores, con las abejas como su principal exponente (Carvajal, 2020).

Según Miñarro *et al.* (2018) la polinización entomófila es indispensable para la producción global de alimentos, de modo que se considera un servicio ecosistémico clave. Sostiene que estudios recientes demuestran que la magnitud del servicio de polinización depende de la abundancia y la diversidad de insectos silvestres en los cultivos. Así, las explotaciones agrícolas que albergan comunidades de polinizadores más diversas reciben un mejor servicio, porque las distintas especies de insectos se complementan y generan un efecto aditivo.

La polinización natural ha mostrado excelentes resultados con el mayor número de flores fecundadas, pues los polinizadores intervienen de manera efectiva en la polinización de las flores del cacao y otros cultivos importantes (Alvarado *et al.,* 2018). Estos autores resaltan que los agentes polinizadores se alimentan una vez que se posan en la flor del cacao, debido a la atracción que sienten por las "líneas guías" sobre sus pétalos y estaminodio (estambres estériles), que emiten una fragancia, tienen colores brillantes y pueden absorber y reflejar la luz ultravioleta.

Por otra parte, Atamia *et al.* (2016) mencionan que las flores de cacao orientadas hacia el este son más cálidas que las orientadas hacia el oeste, y esta calidez atrae a los polinizadores.

Armijos *et al*. (2020) sostienen que el género *Forcipomyia* es uno de los principales polinizadores del cacao, conocido en varias regiones del mundo, este polinizador también llamado mosquilla polinizadora pertenece al orden Diptera, de la familia Ceratopogonidae. Según Alvarado *et al.* (2018) estos insectos polinizadores inician su actividad entre las 9 a 11 de la mañana durante la época de mayor humedad; sin embargo, los factores climáticos influyen en la presencia de los insectos, también se han encontrado especies correspondientes a *Dasyhelea scissurae* de la familia Ceratopogonidae, además del género *Clinodiplosis* sp.

En estudios realizados en Costa Rica y Honduras se evidenció la diversidad de los insectos polinizadores; se encontró 9% de especímenes de la familia Ceratopogonidae, mientras que del orden Thysanoptera se encontraron entre 40 y 69%, lo cual estuvo influenciado por el número de flores abiertas y la complejidad del sistema de producción del cultivo de cacao para favorecer el hábitat de los insectos polinizadores (Zegada *et al.*, 2020; Jiménez y Antúnez, 2016). Del mismo modo, se encontraron otras especies en las flores, de las familias Formicidae, Muscidae, Scarabaeidae y Apidae, mientras tanto, no se ha reportado funcionalidad en la polinización de cacao, de las avispas, hormigas, ácaros, arañas y otros insectos (Salazar y Torres, 2017).

De acuerdo con Alvarado *et al.* (2018), la preservación del hábitat de *Forcipomyia* y otras especies de polinizadores favorecen el desarrollo de las colonias de estos insectos benéficos.

A pesar de la exhortación para la implementación de sistemas de producción sostenible, la agricultura convencional emplea plaguicidas y herbicidas para mantener los cultivos y esto afecta a las comunidades de invertebrados y por consiguiente de los polinizadores (Zegada *et al*., 2020). Hay referencia científica de que la intensificación ecológica es una estrategia para aumentar los servicios eco sistémicos en las unidades de producción; sin embargo, todavía se conoce poco sobre la ecología y los servicios de polinización del cacao, que parecen ser claves para comprender las funciones de su rendimiento (Toledo *et al*., 2017).

Por ello, el presente trabajo de investigación documental tiene como objetivo conocer la incidencia de agentes polinizadores más eficientes sobre la fecundación de la flor del cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recopilación de información estuvo dirigida a fuentes de información primaria que expongan resultados de investigaciones sobre la polinización entomófila de las flores del cultivo de cacao. Sobremanera, interesan las condiciones en que se manejan los sistemas de plantación de cacao en el Ecuador y en otros países con similares condiciones agroecológicas y de manejo. Las principales referencias de Ecuador son los organismos dedicados al desarrollo del sector cacaotero; entre ellos la Asociación Nacional de Exportadores e Industriales de Cacao del Ecuador (ANECACAO), el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centros de Investigación del Sistema de Educación Superior (Universidades e Institutos), trabajos de investigadores independientes. A nivel internacional se priorizó publicaciones en bases de datos reconocidas y de libre acceso.

Con base en la revisión bibliográfica, se propuso la esquematización de la información sobre los siguientes acápites

- Factores abióticos y bióticos, que inciden en la fecundación de la flor en el cultivo de cacao.
- Relación teórica de la genética de los materiales de siembra de cacao y el proceso de polinización directa y cruzada.
- Beneficios de los agentes polinizadores sobre el sistema de producción del cultivo de cacao.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores abióticos y bióticos, que inciden en la fecundación de la flor en el cultivo de cacao

La eficiencia reproductiva en *T. cacao* es dependiente tanto de factores genéticos (genes que controlan la autoincompatibilidad, reproducción sexual y sistema de madurez reproductiva) como de factores ambientales (aquellos que alteran la fenología de la floración y el comportamiento de los polinizadores). Para Mena *et al*. (2020) la productividad de las plantas de cacao está acorde a la dinámica poblacional de los polinizadores, independientemente del sistema reproductivo de los diferentes genotipos de *T. cacao*. Se conoce que cada cojine floral de la planta de cacao está formado por un conjunto de 40 a 60 flores, que sumado puede originar hasta 12 500 flores al año; cada flor producir alrededor de 14.000 granos de polen y hasta 74 óvulos por ovario. Sin embargo, la tasa de fertilización natural (cuajado) de la especie alcanza solo el 4% en el pico de temporada de floración que corresponde a una tasa promedio de captura de 0,3 insectos por flor, revelando así la baja población de polinizadores efectivos para la especie (Mena *et al*., 2020).

Generalmente, si las flores de la planta de cacao son polinizadas se transforman en frutos o de lo contrario se marchitan y caen. A la vez, se requiere que todos los óvulos de la flor sean polinizados para que el fruto se desarrolle plenamente (INCYTU, 2019).

Indriati *et al*. (2021) recalcan la importancia de los árboles de sombra para proveer sombra y alimento a los insectos polinizadores y enemigos naturales de las plagas del cacao. A criterio de estos autores se ha determinado que la cama de los árboles incrementa en más del 20% la población de estos organismos. Por ello, se deben implementar buenas prácticas agrícolas.

Las cáscaras de cacao y la hojarasca son los sustratos orgánicos sobre los cuales, preferentemente se desarrollan los estados inmaduros de las especies del género *Forcipomyia*, lo cual se ha confirmado en la zona de Portoviejo-Manabí-Ecuador, donde se determinó que la mayor cantidad de “mosquillas” emergen 12 días después de que el sustrato ha empezado su proceso de descomposición (Valarezo *et al*., 2015).

Toledo *et al.* (2021) indican que las hormigas y los dípteros son los visitantes de flores más comunes, y aunque estudios previos sugieren que los Ceratopogonidos son los principales polinizadores del cacao, ninguno fue capturado en el estudio realizado por estos autores; sin embargo, sostienen que la estabilidad de los hábitats que rodean la finca cacaotera y el aumento de la cobertura del dosel mejoraron la abundancia de hormigas y dípteros. De acuerdo con Akesse *et al*. (2021) la abundancia y

diversidad de insectos es generalmente mayor en las fincas orgánicas en comparación con las fincas convencionales, esto se debe a que en las fincas orgánicas se conserva la biomasa como cubierta del suelo o mulch, que sirve de hábitat para los polinizadores. Al respecto, Suganthy (2019) menciona que, un máximo de 114 polinizadores emergen de la hojarasca descompuesta recolectada de plantaciones de cacao.

También los insumos agroquímicos y la mejora de la polinización manual son dos estrategias para aumentar los rendimientos. Se ha demostrado que con la polinización manual parcial del 13% de flores por árbol, en vez del uso de fertilizantes o insecticidas, se logra aumentar el rendimiento por árbol en 51%. La polinización manual más laboriosa del 100% de todo el árbol aumenta el rendimiento por árbol en 161%, y el ingreso neto anual del agricultor llega a ser entre 994 a 1677 USD por hectárea (Toledo *et al*., 2020).

Se ha demostrado que la adición de cáscaras de frutos de cacao en la base de la planta y tratamientos de polinización manual aumenta el número de frutos por árbol y por ende rendimientos finales, lo que indica una promoción del servicio ecosistémico de polinización proporcionado por los polinizadores especializados, los mosquitos. También se ha determinado que con la adición de cáscara del fruto del cacao se aumentan las densidades de grupos de depredadores, tales como arañas y eslizones. Cabe mencionar que, la conservación de estos depredadores no inhibe la polinización mediante la captura o disuasión de polinizadores (Forbes y Northfield, 2017).

En el cuadro 1 se presentan los factores bióticos y abióticos, que inciden en la fecundación de la flor en el cultivo de cacao; así mismo en el cuadro 2 se referencian las familias de los potenciales polinizadores altamente especializados, efectos beneficiosos y periodo de actividad.

Cuadro 1. Factores bióticos y abióticos que inciden en la fecundación de la flor en el cultivo de cacao

Factores bióticos	Referencia	Factores abióticos	Referencia
-Insectos Las flores de cacao tienen una polinización estrictamente entomófila, es decir que solamente puede ser polinizada por insectos, particularmente, por moscas diminutas pertenecientes a la familia Ceratopogonidae . *Apis mellifera* es una especie importante para la seguridad alimentaria, responsable directa del proceso de polinización de muchas plantas nativas y cultivadas. Sin embargo, no interviene en la polinización de la flor en el cultivo de cacao	(Mena, 2016; Cajamarca *et al.,* 2020; Flores *et al.,* 2021)	**-Viento y agua** Por su forma, textura (pegajoso) y peso, el polen de la flor del cultivo de cacao no puede ser transportado por el agua o viento. Por tanto, es poco probable la polinización anemófila e hidrófila.	(Loor *et al*., 2016; Meléndez *et al*., 2020)
-Mamíferos La presencia de murciélagos en la agroforestería del cacao es de gran beneficio ecosistémico, ya que cumplen la función como controladores nocturnos de insectos plaga que atacan al cultivo de cacao. Además, con la regulación natural de las plagas hay menos uso de agroquímicos y por ende menos afectación a los polinizadores. Una de las especies más conocidas es el murciélago insectívoro, nariz espada (*Lonchorhina aurita*).	(Pinel, 2021)	**-Temperatura y humedad** La sombra evita que la planta de cacao se exponga directamente a los rayos del sol. Es muy importante que a partir de los tres años, o edad productiva de la planta, se conserve sombra entre el 25 a 30% para mantener el hábitat que beneficia la presencia de los polinizadores. Estudios realizados por INIAP, confirman la sincronía de las poblaciones de polinizadores Ceratopogonidae con los ciclos de producción de flores bajo las condiciones del Litoral ecuatoriano, y su asociación con factores como la precipitación, concentrándose estos polinizadores entre los meses de febrero a junio, favorecidos por la mayor descomposición del material vegetal en presencia de lluvias. Uno de los factores climáticos que influye en la presencia de los insectos capturados en *T. cacao* es la humedad relativa, pues se encontró una relación directa positiva entre estas dos variables.	Suárez-Capello *et al*., 1994) (Cañarte *et al.,* 2021) (Armijos *et al*., 2020)
- Aves Algunas aves son responsables de servicios ecosistémico, como la polinización, dispersión de semillas y controlador de plagas. En cacao no hay evidencia de polinización, pero sí del control de plagas. Esto complementa el beneficio atribuido al murciélago dentro del cultivo de cacao.	(Naoki *et al*., 2017)	**-Suelo** Las especies del género Forcipomyia, tienen la tendencia a formar colonias en las cáscaras de cacao y hojarasca. Por esta razón, es clave mantener y aumentar los sitios de crianza de este mosquito, para así, estimular una mayor acción polinizadora. Un ejemplo de esto, es dejar las cáscaras de cacao regados uniformemente sobre el suelo, a lo largo de la plantación.	(González, 2017; Cedeño *et al*., 2019)

Cuadro 2. Principales agentes polinizadores en el cultivo de cacao, efectos beneficiosos, periodo de actividad**.**

Entomofauna		Descripción	Periodo de actividad	Distribución	Beneficios	Referencia
Familia	**Género/Especie**					
Ceratopogonidae	*Forcipomyia* sp	Perteneciente al orden díptero, estos recorren el interior de la flor de cacao en busca de néctar. Estas mosquitas se movilizan longitudinalmente por cada uno de los cinco estaminoides y eventualmente caminan dentro de cualquiera de las cinco bolsas petaloides de la flor de cacao.	9 a 11 de la mañana durante la época de mayor humedad	Se ha reportado presencia del insecto en el continente asiático, suramericano y norteamericano. En Ecuador se encuentra principalmente en el Litoral y Amazonía.	La floración del cacao es superior en parcelas con sustrato de cáscara de cacao, además se registran aumentos en los rendimientos por hectárea.	(Montero *et al*., 2019; Armijos *et al*., 2020)
	Dasyhelea sp					
Cecidomyiidae	*Clinodiplosis* sp	Perteneciente al orden díptero, vuelan por el árbol buscando flores para posarse en los pétalos, sépalos, brácteas y estaminoides, se quedan quietos en un solo lugar. Los insectos de esta familia realizan las deposiciones de sus huevos en las lígulas de las flores, trasportando directamente los conglomerados de flores hasta el estigma.	9 a 11 de la mañana durante la época de mayor humedad	Se ha reportado presencia en el continente asiático y suramericano. En Ecuador se encuentra principalmente en el Litoral y Amazonía.	Kaufmann (1973) citado por Armijos *et al*., 2020) afirma que la polinización en T. cacao la realizan insectos de la familia Cecidomyiidae en un 40 a 90%. Por tanto, a mayor cantidad de flores fecundadas, con estos polinizadores u otros, mejores cosechas.	Armijos *et al*., 2020) (Tarmadja, 2015; Salazar y Torres, 2017)
Formicidae	*Wasmannia* sp	Perteneciente al orden Himenóptera, algunos viven en simbiosis con especies del orden hemíptero. Se alimentan del follaje y son depredadores de áfidos	Se pueden encontrar tanto en épocas de mayor humedad como en la época seca	Se ha reportado presencia del insecto en el continente asiático, europeo y suramericano.	Se le considera un visitante, ayuda con la biodiversidad y es un controlador de plagas. Esto reduce el uso de agroquímicos que afectan la población de polinizadores.	(Koch *et al*., 2020)
	Solenopsis sp					
	Crematogaster sp					
	Monacis sp					
Aphididae	*Toxoptera* sp	Perteneciente al orden Homóptera, tienen preferencia por la vegetación que crece asociada al cacao, además de tener preferencia por las flores y cojinetes florales.	Se pueden encontrar tanto en época lluviosa como en la época seca, sobre todo en los meses de noviembre y diciembre	Se ha reportado presencia del insecto en el continente suramericano y norteamericano.	Se le considera un visitante y posible polinizador en flores de cacao. Sin embargo, gran cantidad de estos insectos son considerados plagas y puede defoliar los cultivos.	(González, 2018; Ríos. 2015)
	Aphis sp					
Thripidae	*Heliothrips Haemorrhoidalis*	Perteneciente al orden Tisanóptera, poseen una gran preferencia por la vegetación que crece asociada al cacao, por ello habitan en las coberturas del suelo alrededor de estos árboles, se posan en las flores y prefieren los cojinetes florales.	Se pueden encontrar tanto en época lluviosa como en época seca	Se ha reportado presencia del insecto en el continente asiático, europeo y suramericano.	Se le considera un visitante y potencial polinizador en flores de cacao, que podría incrementar la productividad del cultivo. Sin embargo, algunos son defoliadores.	(González, 2018; Valarezo *et al*., 2015).
	Selenothrips rubrocinctus					
Apidae	*Apis mellifera*	Perteneciente al orden Hymenoptera, se sienten atraídos las flores y prefieren los cojinetes florales, se alimentan del néctar de estas.	Se pueden encontrar tanto en época lluviosa como en época seca	Se ha reportado presencia del insecto en el continente suramericano y norteamericano.	Cumplen función eco sistémica en el cultivo de cacao	(Antúnez., 2018)
	Mellipona sp					
	Xylocopa sp					
	Trygona sp					

Cañarte *et al*. (2021) indican que la flor del cacao es hermafrodita, presenta un pequeño tamaño, con una longitud de 1-3 cm y un diámetro entre 0,5-1 cm. Está sostenida por un pedúnculo corto (1 a 2 cm). La flor se abre de 20 a 25 días luego de aparecer el diminuto botón floral, posteriormente el polen se mantiene viable por tres días; sin embargo, una gran cantidad de flores no alcanza a ser polinizada, por lo que se secan y caen al cabo de 48 horas como se observa en la figura 1.

Figura 1. Apertura de la flor de cacao (A); Abundancia de flores secas por falta de polinización (B). Tomada de Cañarte et al. (2021),

Las flores de cacao tienen formas diferentes en comparación con las flores en general. Las flores de cacao tienen diferentes estaminodios, como se muestra en la figura 2. Estos estaminodios son similares a los estambres, que es la parte masculina de la flor, pero no contienen polen y, por tanto, son estériles. Solo pequeños insectos en la base de la flor pueden alcanzar las anteras productoras de polen escondidas debajo de una capucha, se ha comprobado que las variantes de flores de estaminodio convergentes y paralelas eran los tipos ideales de flores de estilo estaminodio para una polinización exitosa (Syafruddin *et al*., 2021).

Figura 2. Tres variantes de flores de cacao, se puede observar (A) Convergente, (B) Paralela y (C) Splay. Tomada de Syafruddin et al. (2021).

Vera *et al*. (2016) mencionan que, la planta adulta de cacao bajo condiciones normales puede producir de 6.000 a 10.000 flores por año, de las que solo el 0,01% llegan a transformarse en frutos. El "cuajamiento o fecundación" puede ser aún más bajo por la falta de insectos polinizadores, pero también existen otros factores como la edad del material, la incompatibilidad, el exceso de sombreamiento, que influyen directamente en la fructificación, por ello se ha practicado desde hace más de una década métodos de polinización asistida que ayudan a incrementar rendimientos del cacao CCN-51 y cacao fino de aroma, cuando se cuenta con una baja población de insectos polinizadores u otros problemas en el cultivo.

Las polinizaciones artificiales y manuales, aplicando presión de aire al tronco, se muestra en la figura 3, estas ayudan a conseguir un incremento de flores fecundadas existiendo significancia estadística; sin embargo, el método no influye sobre la producción final en cacao (Vera *et al*., 2016).

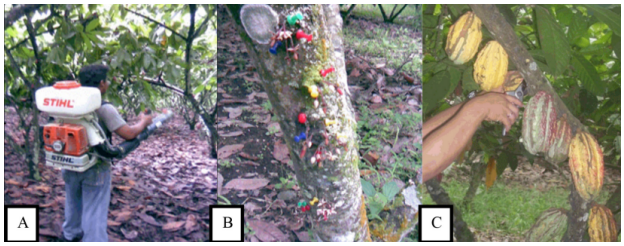


Figura 3. Polinización artificial aplicando presión de aire al tronco y ramas a 1,5 metro del suelo (A). Flores fecundadas polinización manual artificial (7 días) (B). Cosecha de frutos sanos (6 meses) (C). Tomada de Vera et al. (2016).

Salazar y Torres (2017) mencionan que, en el cacao, la polinización es llevada a cabo casi exclusivamente por micro dípteros de la familia *Ceratopogonidae*, entre los cuales, ciertas especies del género *Forcipomyia* se encuentran altamente especializadas para polinizar las flores del cacao debido a las características específicas de la estructura morfológica del insecto, además de especies de la familia *Cecidomyiidae* como insectos especializados en brindar el servicio de polinización de cacao, en la figura 4 se pueden observar especímenes de las familias mencionadas.

Figura 4 . Del lado izquierdo se puede obsevar una especie de la familia Cecidomyiidae; del lado derecho se puede observar una especie de la familia Ceratopogonidae. Tomada de Salazar y Torres (2017).

Cañarte *et al*. (2021) realizaron colectas en los sistemas de producción y establecieron que insectos del orden Díptera se presentan en mayor abundancia en los sistemas cacaoteros del litoral ecuatoriano. Entre un total de 220.166 adultos colectados durante los últimos seis años hasta el 2020, determinaron que el 52% de especímenes correspondían a la familia Ceratopogonidae, destacándose según los análisis faunísticos, por ser poblaciones muy dominantes, muy abundantes y muy frecuentes durante todo el año, como se observa en la figura 5.

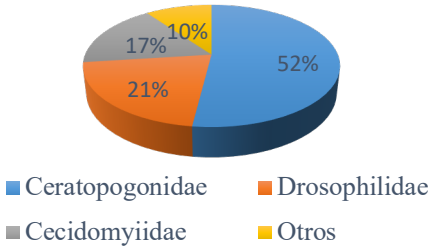


Figura 5. Distribución de especímenes de varias familias de insectos presentes en los sistemas de producción de cacao en Ecuador. Tomada de Cañarte et al. (2021).

Según Zegada *et al*. (2020) el orden Thysanoptera suele ser considerado como posible polinizador. En sus estudios han observado que la dinámica poblacional estuvo influenciada por el número de flores abiertas y la complejidad del sistema de producción, siendo mayor en el más complejo (agroforestal sucesional) que en los más simples (monocultivos).

En trabajo colaborativo entre INIAP-ESPAM, se reporta que se han identificado especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae, presentes en diversos sistemas de producción de cacao bajo las condiciones del litoral ecuatoriano. De estas se conocen siete especies del género *Forcipomyia*, tres especies del género *Dasyhelea* y dos especies del género *Culicoides* del orden Díptera (Cañarte *et al*., 2021).

Se ha comprobado cómo las fluctuaciones anuales en el número total de flores polinizadas por *Forcipomyia* dependen del número de mosquillas presentes, debido a que su influencia mantiene una proporción directa con la floración de las plantas de cacao, con un pico principal en mayo y un pico menor en noviembre de cada año. La producción de mazorcas aumenta en plantaciones donde se protege la fauna benéfica con el escaso o nulo uso de insecticidas. La mosquilla polinizadora es muy delicada a los componentes tóxicos de los plaguicidas. En un ambiente donde se ve limitada su función polinizadora, los rendimientos del cacao pueden decaer hasta en 40% de la cosecha (Alvarado *et al.,* 2018).

Supriyadi *et al*. (2020) destacan que la actividad diurna de los insectos polinizadores, en las flores del cacao durante la temporada de floración, muestra fluctuaciones, un rápido aumento en la mañana (07:00 - 09:00) así como la actividad diurna máxima. Al mediodía (11:00 -13:00), la actividad diurna de los insectos polinizadores disminuye rápidamente y aumenta levemente por la tarde hasta el final de la actividad.

Además, se ha comprobado como los tallos o tocón de banano es el medio preferible para el incremento de la población de polinizadores en el ecosistema del cacao. Es por ello que al proporcionar un número apropiado de contenedores de reproducción y un medio de reproducción adecuado se aumenta la población de polinizadores, y las posibilidades de que las flores de cacao sean polinizadas aumentan para posteriormente, mejorar la productividad del cacao (Saripah *et al*., 2017), tal cual lo demostró Adjaloo *et al*. (2017) utilizando el pseudotallo de banano con el cual se albergó el mayor número de polinizadores de cacao.

Relación teórica de la genética de los materiales de siembra de cacao y el proceso de polinización directa y cruzada

A pesar de que *T. cacao* es una especie económicamente importante para muchos países en el mundo, son escasos los trabajos relacionados con la comprensión de su biología reproductiva; algunos de estos tienen en cuenta el desarrollo y morfología floral, viabilidad del polen, polinizadores y mecanismos de autocompatibilidad y autoincompatibilidad (López *et al*., 2018).

La incompatibilidad sexual es un fenómeno genético que según Aranzazú-Hernandez *et al*. (2008), está regido por un proceso bioquímico en el proceso de reconocimiento, aceptación o rechazo del polen, lo cual puede ocurrir en el tubo polínico o en el estigma de la flor receptora, de tal manera que la compatibilidad o incompatibilidad sexual se expresa en el porcentaje de flores que son fecundadas de forma natural o manual y forman frutos viable.

Por otra parte, Arciniegas (2015) menciona que la compatibilidad es el efecto para producir gametos funcionales que constituye un parámetro que depende de la genética, que permite establecer plantaciones comerciales y enfocar los trabajos en los programas de mejoramiento genético, debido a que el rendimiento y la productividad dependen en muchos de los casos de autopolinización y polinización cruzada. Al ser autocompatibles benefician la cruza entre ellos, si la mayoría de las selecciones en los materiales poseen esta característica, permiten que la descendencia se pueda cruzar libremente entre ellos. Es interesante apreciar características de autoincompatibilidad de clones de alto rendimiento y resistencia a enfermedades, poseen generalmente características de autoincompatibilidad y eso puede llegar a afectar plantaciones que no tengan una diversidad genética dentro de ellas. La compatibilidad se da a nivel de la misma planta (autocompatible y autoincompatible), o entre plantas circundantes (intercompatible e interincompatible); lo deseable es la primera condición, en cada caso.

En un estudio realizado por Rincón-Barón *et al*. (2021) demostraron que existen diferencias significativas en el tamaño de los granos de polen según los genotipos analizados ($P < 0.05$). Observaron que los granos de polen

con menor tamaño son los del genotipo TCS 19 (16.890 µm) y son diferentes de los demás genotipos. No se observan diferencias significativas en los genotipos SCA 6, TCS 05, TCS 13, TCS 06, CCN 51, TCS 01. Tampoco encontaron diferencias entre los genotipos SCC 61, TCS11 y SCC 19 (los de mayor tamaño). De igual forma, los genotipos TCS 11, SCC 19, TSC 01 y CCN 51 no presentan diferencias significativas.

Sin embargo, estos autores concluyen que los caracteres micromorfológicos de los granos de polen de los genotipos y su relación con los modelos de compatibilidad polínica, no tienen una relación específica, ya que observaron genotipos autoincompatibles y autocompatibles que tienen muros ornamentados y sin ornamentación; lo mismo, se cumple para los tipos de ornamentación microgranulada y escabrada presente en el lumen del retículo.

De acuerdo a Santos de Oliveira *et al*. (2015) las especies con granos de polen pequeño, por lo general, presentan abundantes almidones y una viabilidad temporal reducida, al momento de su dispersión. Por el contrario, las especies con polen de mayor tamaño, por lo general, son carentes de almidones, pero abundantes en carbohidratos solubles, e incluso lípidos y se consideran de una viabilidad temporal mayor. Lo anterior es congruente con observaciones sobre la biología de la polinización de *T. cacao*, ya que el polen es de corta viabilidad, y esta puede ser de unos pocos minutos hasta varios días (García *et al.,* 2019). No obstante, además del genotipo, factores ambientales como la humedad, la temperatura y otros factores abióticos, pueden influenciar esta situación (García *et al.,* 2020).

Por lo expuesto, en la polinización de la flor del cacao se debe considerar tanto la presencia o no de los polinizadores como la incompatibilidad sexual de los materiales de siembra, ya que este es un fenómeno genético, regido por un proceso bioquímico en el momento del reconocimiento, aceptación o rechazo del polen, lo cual se produce en el tubo polínico de la flor receptora y en algunos casos en el estigma.

Beneficios de los agentes polinizadores sobre el sistema de producción del cultivo de cacao.

Los sistemas de producción también inciden sobre la polinización, Armijos *et al*. (2020) al estudiar la diversidad y abundancia de los insectos polinizadores de T. cacao tipo Nacional en sistema monocultivo y sistema agroforestal, encontraron mayor dominancia de insectos en los clones CCN-51 (0,80) y C-107 (0,70), así mismo, el clon que presentó menos dominancia de insectos fue el LR-35 (0,44); sin embargo, en este clon se encontró una mayor diversidad de individuos (0,56). Sostienen que según el índice de similitud de Jaccard, hay 24% de similitud en familias de insectos entre los sistemas de monocultivo y agroforestal, en el cual el sistema de monocultivo mostró mayor presencia de especies de insectos. En ambos sistemas de producción encontraron especies de las familias: Scarabeidae, Curculionidae, Staphylinidae, Drosophilidae, Cecidomyiidae y Formicidae.

Martins *et al*. (2015) indican que el vínculo entre biodiversidad de insectos y polinización se ha evaluado mediante estudios observacionales y experimentales. Los estudios observacionales comparan los niveles de polinización de un cultivo dado entre fincas donde se esperan diferencias en la biodiversidad de insectos (p.ej. debido a la disponibilidad de hábitats circundantes y a la complejidad interna del sistema agroforestal). Para Miñarro *et al*. (2018) estos estudios representan bien las condiciones y las escalas reales en las que opera el vínculo entre biodiversidad y funcionamiento eco sistémico, pero son limitados a la hora de desglosar los efectos de las distintas facetas de la biodiversidad (abundancia total vs. riqueza de especies) sobre la polinización. En cambio, los estudios experimentales se han realizado sometiendo a una especie agrícola (o una comunidad herbácea) a distintas combinaciones manipuladas de riqueza y composición de polinizadores, lo cual permite verificar los efectos puros de la riqueza de polinizadores, pero siempre a costa de una notable simplificación, a pequeña escala, de las comunidades reales de insectos.

Por lo expuesto se debe cuantificar tanto la biodiversidad de insectos como la función de polinización. La biodiversidad expresada como abundancia agregada de todo el conjunto de polinizadores; y la diversidad funcional, que mide la diferenciación de roles y contribuciones funcionales entre especies. La diversidad funcional suele medirse como número de grupos funcionales, es decir, tipos de polinizadores que supuestamente difieren en su papel polinizador en función de rasgos morfológicos (Winfree *et al*., 2015), rasgos del ciclo de vida (anidamiento y carácter social, Bakar *et al*., 2019), características comportamentales (p.ej. altura y hora de vuelo, comportamiento de recolección de polen y néctar Hoehn *et al*., 2008). La función de polinización se representa mediante la tasa de visita de los insectos a un número estandarizado de flores o la cantidad de granos de polen por estigma floral (Garibaldi *et al*., 2016), o bien mediante medidas de éxito reproductivo como el cuajado de frutos (proporción de flores que pasan a frutos), el tamaño del fruto y el cuajado de semillas (número de semillas por fruto) como manifiesta Martins *et al*. (2015); también puede medirse como producción agrícola (cosecha por hectárea) según Garibaldi *et al*. (2016).

En un experimento sobre métodos de polinización artificial en cacao clonal CCN-51, realizado por Vera *et al*. (2016) ensayaron los tratamientos: T0= Control polinización natural, T1= Polinización manual, T2=

Presión de aire con neblinadora sobre las flores del tronco del cacao, T3= Presión de aire con neblinadora sobre el suelo, encontraron que el rendimiento (kg.ha^{-1}) fue mejor en el tratamiento T3 con 1.243,64 kg. Concluyeron que los mejores métodos para polinizar cacao clonal CCN-51 es aplicando la presión de aire al suelo y tronco. Atribuyen que el incremento de las flores fecundadas tiene mucha relación con las condiciones climáticas como la humedad, la misma que sobre un 70%, el polen es pegajoso y solo es factible con el traslado de insectos polinizadores, y al aplicar la presión de aire al tronco permite liberar e incrementar los granos de polen en la huerta, como también el incremento de los insectos polinizadores.

Salazar y Torres (2017) estudiaron la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao en tres sistemas de producción (convencional, orgánica y tradicional) y determinaron que las especies de la familia Thysanoptera fueron los insectos que se encontraron en mayor cantidad en cada una de las tres fincas. También informan que en la finca tradicional fue donde se registró la mayor cantidad de insectos, flores y frutos, en valores considerables a comparación con las otras dos fincas (orgánica y convencional).

CONCLUSIONES

La interacción de los factores bióticos y abióticos influye, de manera positiva, sobre la fecundación de la flor del cacao. La polinización es fundamentalmente entomófila; sin embargo, otros componentes bióticos, con funciones ecos sistémicos en la conservación del hábitat de los insectos polinizadores. La temperatura y humedad contribuyen en este propósito.

La variabilidad de los materiales genéticos de cacao, cultivados en una misma unidad de producción, contribuyen a contrarrestar los efectos poco deseados de cada material relacionados a la autoincompatibilidad en la fecundación de la flor del cacao.

Los principales agentes polinizadores en el cultivo de cacao son moscas diminutas pertenecientes a la familia Ceratopogonidae.

LITERATURA CITADA

Abad, K., Cevallos, H., Montealegre, V., Romero, H., 2021. Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 4(1):147-155.

Abdullah, S., Mehmood, F., Malik, H., Ahmed, I., Heidari, P., Poczai, P. 2021. La familia de genes GASA en el cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae): Análisis de expresión e identificación amplia del genoma. Revista de Agronomía, 11(7):14-25.

Adjaloo, M., Ghana, A., Owusu-Ansah, E., Oduro, W., Fleischer, T. 2017. Preferencia de polinizadores de cacao para diferentes sustratos de reproducción en un cacao-agroecosistema: un enfoque proxy. Revista Ghana J. Forestry, 33(1):38-47.

Akesse, G., Ebenezer, O., Kyerematen, R., Acheampong, S. 2021. Diversidad de artrópodos de granjas de cacao bajo dos sistemas de gestión en las regiones oriental y central de Ghana. Revista Agroforest Syst, 95(1):791–803.

Alvarado, A., Carrera, M., Morante, J. 2018. Importancia de la mosquilla *forciponyia* ssp en la polinización y producción del cultivo de cacao: desarrollo local sostenible (En línea). Consultado 15 Jul. 2020. Formato (HTML). Disponible en https://www.eumed.net/rev/delos/33/cultivo-cacao.html

Antúnez, Y. 2018. Identificación, diversificación y distribución temporal de insectos asociados al cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Catacamas, Honduras (En línea). Tesis. Maestría en sanidad vegetal. Universidad Nacional Agraria. Honduras. p 45. Consultado 11 de Oct. 2021. Disponible en https://repositorio.una.edu.ni/3744/1/tnh10a636.pdf

Aranzazú Hernandez, F., Martínez Guerrero, N., & Rincón-Guarín, D. A. 2008. Autocompatibilidad e Intercompatibilidad sexual de materiales de cacao. Bucaramanga: Corpoica. Consultado el 20 de Oct de 2022. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2205/44149_56306.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arciniegas A. 2015. Caracterización de árboles superiores de cacao (Theobroma cacao L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. In. Turrialba - Costa Rica. p. 144. Consultado el 10 de Nov de 2022. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4571?show=full.

Armijos, V; García, L; Castro, J. y Martínez, M. 2020. Insectos Polinizadores en sistemas de producción de *Theobroma cacao* L en la zona central del litoral Ecuatoriano. Ciencias Agrarias UTEQ. 13(2):23-30.

Atamia, H; Creux, N; Brown, E; Garner, A; Blackman, B, Y Harmer, S. 2016. Circadian regulation of sunflower

heliotropism, floral orientation, and pollinator visits. SCIENCE, 353(6299): 587-590.

Bakar, S., Adnan, N., Ummu, S. 2019. Temporal geospatial assessment of cocoa pollinator, Forcipomyia in cocoa plantation area. Revista Serangga 24(1):159-172.

Bekele, F y Phillips, W. 2019. Cacao (*Theobroma cacao* L.) Breeding (En línea). Libro Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops. pp 409-487. Consultado 08 de Oct. 2021. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_12

Cajamarca, D; Paredes, M; Cabrera, C; Velazco, L. y Vaca, M. 2020. Agroquímicos: enemigos latentes para los polinizadores y la producción de alimentos primarios que agonizan. Contribuciones a las Ciencias Sociales, (65).

Cañarte, E.; Montero, S. y Navarrete, B. 2021. Reconocimiento, importancia y cuidado de los polinizadores en los sistemas de producción del cacao (En línea). 1era. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Guía No. 177. 38 p. Consultado 10 de Oct. 2021. Disponible en https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5749

Carvajal, V. 2020. Importancia de las abejas como polinizadores (En línea). Consultado 25 Nov. 2021. Disponible en https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21021/1/Importancia%20de%20las%20abejas%20como%20polinizadores2a.pdf

Cedeño, S.; Sánchez, P.; Faubla, R.; Borrero, A.; Bermúdez, E. 2019. Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103. 10(1):1-7.

EKOS. Febrero 21 de 2022. El cacao marca récord de exportaciones por segundo año consecutivo. Anecacao, primicias. Disponible en https://www.ekosnegocios.com/articulo/el-cacao-marca-record-de-exportaciones-por-segundo-ano-consecutivo#:~:text=En%202022%2C%20Ecuador%20prev%C3%A9%20incrementar,1.000%20millones%20exportados%20en%20valor.

Flores, J; Saldivar, D; Rigby, K. y Murillo, Y. 2021. Inventario de mariposas diurnas en agrosistemas tropicales como bioindicadores de la calidad ambiental. Revista Torreón Universitario. 10(27):1-7.

Forbes, S. y Northfield, T. 2017. El aumento del hábitat de los polinizadores mejora el cuajado del cacao y la conservación de los depredadores. Revista Ecological Applications, 27(3): 887–899.

Garibaldi, L.A., Carvalheiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., & Freitas, B.M. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. Science 351(6271):388-391.

García, T.B., Bazurto, Z.A., García, C.L., y Zambrano, G.F. 2019. Morphology, viability, and longevity of pollen of National Type and Trinitarian (CCN-51) clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) on the coast of Ecuador. Brazilian Journal of Botany, 42(3), 441-448.

García, C.L.C., Vera, P.L., Zambrano, G.F., Zamora, M.A., & Cedeño, O.J. 2020. Pollen production in *Theobroma cacao* L. genotypes national type and CCN-51 and its relationship with climatic factors on the ecuadorian coast. Acta Agrobotanica, 73(2), 1-9.

González, C. 2017. Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador (En línea). Revista Científica Agroecosistemas. Artículo. Universidad metropolitana de Ecuador, por la conservación del desarrollo sostenible (Extraordinario). 5(1):54-60. Consultado 13 de Dic. 2021. Disponible en https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/141

González, A. 2018. Identificación de Insectos polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Concepción, Municipio de Berlín, Departamento de Usulután (En línea). Tesis. Lic. Biología. Universidad de El Salvador. San Salvador. pp 36-40. Consultado 4 de Oct. 2021. Disponible en https://core.ac.uk/download/pdf/237468277.pdf

Hoehn, P., Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Steffan-Dewenter, I. 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 275(1648):2283-2291.

INCYTU (Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de La Unión). 2019. Abejas: insectos polinizadores. Boletín (31): 1-6.

Indriati, G., Susilawati, J., Puspitasari, M. 2021. Diversidad de insectos de la plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo diferentes árboles de sombra en Pakuwon, Sukabumi. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 418(1):01-08.

Jiménez, E. y Antúnez, Y. 2016. Insectos asociados al cacao, Honduras. Revista ciencia e interculturalidad. 28(1):1-16.

Koch, E., Neto, E., Marques, T., Mariano, C., Arnhold, A., Peronti, A., y Delabie, J. 2020. Preferencias de diversidad y estructura para mutualismos de hormigas hemípteros en los árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais, 15(1):65-81.

Loor, R., Rivadeneira, Q., Carmelo, G., Vera, Q., Gonzalo, J. 2016. Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios de cacao y café Publicación Miscelánea no. 433 Ecuador: Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional Cacao y Café (En línea). Consultado 27 de Oct. 2021. Disponible en https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5093/4/iniapeetpPM433.pdf

López, H.J.G., López, H.L.E., Avendaño, A.C.H., Aguirre, M.J.F., Espinosa, Z.S., Moreno, M.J.L., Suárez, V.G.M. 2018. Biología floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo, trinitario y forastero en México. *Agroproductividad*, 11(9): 129-136.

Martins, K.T., Gonzalez, A., Lechowicz, M.J. 2015. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. Agriculture, Ecosystems and Environment 200:12-20.

Mena, M. 2016. Flujo de polen y eficiencia reproductiva de cinco clones en etapa productiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional y dos trinitarios en la finca experimental la represa. Tesis. Ing. Agropecuario. Universidad técnica estatal de Quevedo-EC. p 36. (En línea). Consultado 05 de Oct. 2021. Disponible en https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4677/1/T-UTEQ-0215.PDF

Mena, M., García, L. C., Cuenca, E., Pinargote, L., Villamar-Torres, R., Jazayeri, S. 2020. Flujo de polen de *Theobroma cacao* y su relación con factores climáticos en la zona central del litoral ecuatoriano. Revista Bioagro, 32(1):39-48

Meléndez, V; Chablé, J. y Selém, C. 2020. Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. Bioagrociencias, 13(2): 109-119.

Miñarro Prado, M., García García, D., y Martínez Sastre, R. 2018. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. Ecosistemas, 27(2): 81-90.

Montero, S., Sánchez, P., Solórzano, R., Pinargote Borrero, A., Cañarte, E. 2019. Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. Revista ESPAMCIENCIA 10(1): 1-7.

Naoki, K., Gómez, M., Schneider, M. 2017. Selección de diferentes sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae) por aves en Alto Beni, Bolivia - una prueba de cafetería en el campo. Ecología en Bolivia, *52*(2):100-115.

Pinel, A. 2021. ¿Quién ayuda a cuidar el cacao? Cultivos, insectos y murciélagos (En línea). Revista Desde el Herbario CICY (Centro de investigación científica de Yucatán). 13: 73–77. Consultado 09 de Sep. 2021. Disponible en https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-04-15-Ana-Luisa-Pinel-Quien-ayuda-a-cuidar-el-cacao.pdf

Rincón-Barón, Edgar-Javier, Zarate, Diego-A., Agudelo-Castañeda, Genaro-Andrés, Cuarán, Viviana-Lucía, y Passarelli, Lilian-M. 2021. Micromorfología y ultraestructura de las anteras y los granos de polen en diez genotipos élite de T*heobroma cacao* (Malvaceae). Revista de Biología Tropical , 69 (2): 403-421. https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i2.44711

Ríos, D. 2015. Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao* (En línea). Tesis. Lic. Ciencias biológicas. Pontífica Universidad Católica del Ecuador. Consultado 25 de Oct. 2021. Disponible en Quito. https://n9.cl/e50kx

Salazar, R. y Torres, V. 2017. Estudio de la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao (Theobroma cacao) en tres sistemas de producción. Revista Tecnología en Marcha. Costa Rica, TEC. 30(1):90-100.

Santos de Oliveira, J.M., Martins, M.S., Dorneles, M.P., & Carvalho de Freitas, C. 2015. Starch distribution in anthers, microspores and pollen grains in Aechmea recurvata (Klotzsch.) LB Sm., Dyckia racinae LB Sm. and Tillandsia aeranthos (Loisel.) LB Sm. (Bromeliaceae). Acta Botanica Brasilica, 29(1): 103-112.

Saripah, B., Aizam, A., Ummu, R. 2017. Evaluación geospacial temporal del polinizador del cacao, Forcipomyia en zona de plantación de cacao. Revista Serangga, 24(1):159-172. Consultado 24 de Ago. 2021.

Suárez-Capello, C., Moreira-Duque, M., Vera B., J., y Vera, J. 1994. Manual del cultivo de cacao. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. (Manual no. 25). p 135. Consultado el 22

de Oct. Disponible en https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1621

Suganthy, M. 2019. Relevamiento y seguimiento de insectos polinizadores del cacao. Revista internacional de las Ciencias Agrarias. 9(3):2-7

Supriyadi, S., Dzikrillah, F., Arniputri, R., Wijayanti, R. 2020. The Effect of Shade Trees in the Coffee Ecosystem to the Population and Diurnal Activity of Insect Pollinators. Revista internacional on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 10(4):1743-1749.

Syafruddin, W., Paweroi, R., Köppen, M. 2021. Algoritmo de búsqueda metaheurística de selección de comportamiento para la polinización Optimización: un caso de simulación de flores de cacao. Revista Algoritmos, 14(230):2-7.

Tarmadja, S. 2015. Visitantes florares de cacao, diversidad de insectos y sus potencialidades como polinizadores. Revista KnE Life Sciences, 2(1):540-543.

Toledo, M., Wanger, T., Tscharntke, T. 2017. Una revisión: Polinizadores desatendidos: ¿Pueden los servicios mejorados de polinización mejorar los rendimientos del cacao?. Revista Agriculture, Ecosystems & Environment, 247(1):137-148.

Toledo, M., Tscharntke, T., Tjoa, A., Anshary, A., Cyio, B., Wanger, T. 2020. La polinización manual, no pesticidas ni fertilizantes, aumenta el rendimiento del cacao y los ingresos de los agricultores. Revista Agriculture Ecosystems & Environment. 250(1):107160.

Toledo, M., Tscharntke, T., Tjoa, A., Anshary, A., Cyio, B., Wanger, T. 2021. Manejo del paisaje y a nivel de finca para la conservación de polinizadores potenciales en los bosques agroforestales de cacao de Indonesia. Revista Biological Conservation. 257(1):109106.

Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B. 2015. Artrópodos relacionados con el cultivo de cacao en Manabí (En línea). Consultado 28 de Ago. 2021. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087699

Vanegas, O. 2021. Incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* l.) y su incidencia en la producción (Examen complexivo) (En línea). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. Consultado 19 May. 2021. Formato (PDF). Disponible en http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16585

Vera, J, Cabrera, R, Morán, J, Neira, K, Haz, R, Vera, J, Molina, H, Moncayo, O, Díaz, E, & Cabrera, C. 2016. Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. Revista Idesia (Arica). 34(6):35-40.

Winfree, R., Fox, J.W., Williams, N.M., Reilly, J.R., Cariveau, D.P. 2015. Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real world ecosystem service. Ecology Letters 18(7):626-635.

Zegada, L., Lafuente, I., Naoki, K., Armengot, L. 2020. Variación en la composición de visitantes florales de cacao (*Theobroma cacao*) entre cinco sistemas de producción en Sara Ana, Alto Beni, Bolivia. Revista Ecología en Bolivia, 55(3):145-159.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

CALIDAD DE LA CARNE POR CAMBIOS *post mortem* EN CINCO ESPECIES DE PECES AMAZÓNICOS

MEAT QUALITY BY *post mortem* CHANGES IN FIVE SPECIES OF AMAZONIAN FISH

Miguel Ángel Enríquez Estrella

[1]Universidad Estatal Amazónica. Facultad de Ciencias de la Tierra. Km. 2½, vía Puyo a Tena (Paso Lateral). Tel. (+593) 32-888-118 / 32-889-118. Código Postal: 160150. Puyo, Ecuador.

Email: menriquez@uea.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo de revisión

Recibido:
20/08/2021

Aceptado:
12/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):13-26

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.266

Resumen

La investigación se realizó con base en una revisión bibliográfica, sobre la influencia de los cambios *post mortem* de cinco especies de peces amazónicos (*Piaractus brachypomus, Arapaima gigas, Brycon amazonicus, Psudoplatystoma punctifer, Colossoma macropomun*) enfocados en la calidad de la carne. El objetivo del trabajo fue identificar los cambios físicos, químicos y microbiológicos que ocurren en la carne de las especies y que métodos de conservación se pueden aplicar. Como resultados obtenidos destacan la importancia del frio en la conservación de las especies, así como el manejo de atmósferas modificadas que regulan la degradación que se genera por el cambio *post mortem*, en conclusión, el sacrificio, el manejo y la conservación tienen mucho efecto en la calidad del producto.

Palabras clave: métodos de conservación, salado, ahumado, especies amazónicas.

Abstract

The research was carried out based on a bibliographic review, on the influence of postmortem changes of five species of Amazonian fish *(Piaractus brachypomus, Arapaima gigas, Brycon amazonicus, Psudoplatystoma punctifer, Colossoma macropomun*) focused on meat quality. The objective of the work was to identify the physical, chemical and microbiological changes that occur in the meat of the species and what conservation methods can be applied. The results obtained highlight the importance of cold in the conservation of the species, as well as the management of modified atmospheres that regulate the degradation that is generated by the post mortem change, in conclusion, the sacrifice, management and conservation have a great effect on the product quality.

Keywords: conservation methods, salty, smoked, Amazonian species.

INTRODUCCIÓN

El caudal del Amazonas proviene de tres unidades básicas: La cordillera de Los Andes, el Escudo Brasilero y el Escudo Guayanés. Las aguas que drenan cada una de estas unidades poseen características físicas y químicas muy distintivas y han sido clasificadas en tres categorías por (Sioli, 1975) blancas, claras, negras y mixtas. Las blancas nacen en la cordillera de Los Andes y se caracterizan por un color marrón amarillento, pues arrastran gran cantidad de sedimentos inorgánicos y arcilla, las negras nacen en los bosques amazónicos, su nombre se debe a la cantidad de sedimentos que arrastran en su recorrido y que hace ver el agua de un color oscuro. Sin embargo, si pusiéramos un poco de agua de alguno de estos ríos en un recipiente se vería de color transparente. Se caracterizan también por tener una baja cantidad de nutrientes. Algunos ejemplos son los ríos que se originan en la planicie amazónica o en los llanos orientales, como el río Inírida, el Bita, el Vaupes y el Guainía, las claras son consideradas las más transparentes y de los cuatro tipos mencionados, son las que contienen menores nutrientes y las mixtas es la mezcla de las aguas entre los ríos andinos y amazónicos, su color tiende a ser entre marrón y amarillo. Los ríos de aguas mixtas se caracterizan por tener gran cantidad de

nutrientes debido a su lugar de origen. En esta categoría se encuentran los ríos Atacurí o Loreto Yacu, de la Amazonía colombiana. Algunos de los ríos de la altillanura de la Orinoquía entran en esta clasificación. Este tipo de ríos son ricos en nutrientes. Algunos ejemplos son el Magdalena, el cauce principal del Amazonas en su parte media y baja, y los ríos Meta y Casanare. La cuenca amazónica es mucho más que el río Amazonas: es un complejo mosaico de aguas de diferentes características que recorren ríos, quebradas, várzeas y bosques inundados y están en íntima relación con el sistema terrestre, definida por (Junk, 1997), como Zona de Transición Acuática – Terrestre (ATTZ). En este sentido, las planicies de inundación del Amazonas pueden considerarse como una extensión geoquímica de Los Andes y de su piedemonte dentro de un medio de características muy diferentes: la tierra firme (Sioli, 1984). La cantidad de especies de peces de la cuenca amazónica es aún desconocida. Un cálculo conservador estima su número en unas 1200 ± 200 especies (Fenema, 1993), y otro demasiado optimista en 7000 especies (Val y Almeida, 1995). Las especies de la cuenca no se distribuyen de manera homogénea como tiende a pensarse, sino que lo hacen de acuerdo con los tipos de aguas descritos. De esta manera, puede hablarse de una ictiofauna típica de aguas negras (Goulding, 1980), otra de claras y otra de blancas (Lowe-McConnell, 1987). En la Amazonía existe una marcada preferencia a estudiar los grandes cauces y las especies de gran tamaño (Rodríguez, 1992; Barthem y Goulding, 1997; Araujo-Lima y Goulding, 1997), pero muy poco se conoce de los cauces pequeños selváticos y sus especies. En el río Amazonas como sus lagunas asociadas y los ríos y arroyos selváticos que vierten directamente al propio Amazonas o indirectamente a través de lagunas adyacentes, conforman un mosaico de ecosistemas acuáticos muy variado, intercomunicados entre sí y con al menos tres tipos diferentes de aguas: blancas en el propio río y sus lagunas, negras y mixtas en los arroyos selváticos (Duque *et al*. 1997). La distribución espacial de los peces responde en esencia a las características limnológicas regionales y a la disponibilidad de alimento. Se ha encontrado una alta riqueza de especies en los arroyos selváticos, pero con una marcada tendencia hacia el predominio de especies de tamaños menores a 10 cm de longitud y que a su vez parecen depender del abastecimiento de alimento alóctono (Arbeláez, 2004; Castellanos, 2003). Por el contrario, aunque también el río Amazonas y su plano de inundación mantienen una elevada riqueza de especies, parece existir allí un predominio de las especies con tallas superiores a los 15 cm de longitud y con una alta dependencia de alimento de origen autóctono (Santos *et al*., 1988; Arce y Sánchez, 2002) los siguientes autores determinan los diferentes resultados de investigaciones de peces de agua dulce amazónicos: (Arbeláez, 2004); (Prieto, 2000); (Castellanos, 2003). En menor proporción corresponde a las colecciones depositadas por (Ramírez, 1986) y (Prada, 1987) provenientes del Parque Nacional Natural Amacayacu, y por (Jiménez, 1994) de gramalotes flotantes del río Amazonas en Leticia.

La enozoología como rama de la etnobiología estudia el conocimiento local que las comunidades humanas tienen sobre la fauna de su entorno, incluyendo sus sistemas de nomenclatura y clasificación (Santos-Fita *et al,* 2009). Actualmente, las clasificaciones etnotaxonómicas han cobrado mayor relevancia para la conservación biológica al revelar el conocimiento mediante el cual las sociedades indígenas organizan y manejan la biodiversidad (Retana, 2004). Además, estas clasificaciones etnobiológicas son una rica fuente de información pormenorizada sobre la biología, ecología y etología de la fauna silvestre (Mourão *et al*., 2006). Particularmente, han sido los pueblos indígenas asentados a orillas de los grandes tributarios amazónicos, por su marcada dependencia hacia los recursos hidrobiológicos, quienes han generado a través del tiempo un amplio conocimiento sobre estos aspectos.

Este conocimiento etnobiológico de clasificación de la ictiofauna se transforma entonces en un recurso importante equivalente al conocimiento académico de sistemática, que incluye familias, géneros, especie morfológica entendida como un conjunto de individuos morfológicamente similares asociados entre sí por una distribución geográfica definida y separados de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas (Llorente y Michán, 2000) y especie biológica como la unidad básica de clasificación de individuos que pueden reproducirse entre sí y dar una descendencia fértil. Este conocimiento local es usado y enriquecido a diario por los pescadores en sus actividades de pesca y debería ser más incorporado en la planificación, manejo y la conservación de la ictiofauna y de las pesquerías (Costa-Neto y Marques, 2000; Seixas y Begossi, 2001; Silvano y Begossi, 2002). Este es el caso del Pueblo Ancestral kichwa de Pastaza, ubicado en la Amazonía central ecuatoriana, cuya vida está estrechamente ligada hacia la fauna lacustre, siendo los peces la principal fuente para su subsistencia familiar y economía (Siren, 2015) para las familias kichwa, especialmente las lagunas remanentes, adquieren trascendental importancia por su alta riqueza hidrobiológica como soporte de la subsistencia familiar y por su condición de santuarios ancestrales sagrados, desde la concepción local (Jácome, 2005).

Los ríos tropicales de Sudamérica albergan peces, que se constituyen como una oportunidad comercial para los pueblos amazónicos, que se caracterizan por su selva tropical húmeda y densa, con sus sistemas hídricos afluentes al rio amazonas el más largo y caudaloso del planeta, posee los bosques más ricos en biodiversidad

conocidos por la humanidad. La región está conformada por un gran número de (quebradas, ríos, pantanos y cochas) que son arterias que alimentan de vida al ecosistema, convirtiéndose en el sustento de las especies (peces) que existen en la región. Se estima que a nivel amazónico existen entre 2500 a 3000 especies de peces. Salas y Barriga (2004), Barriga (1991). La región Oriental incluye la Alta Amazonía, con cuatro zonas y 125 especies. La Baja Amazonía se divide en dos zonas, con 680 especies. La primera lista de peces del Ecuador se debe a Ovchynnyk (1967), quien publicó registros de 295 especies. La segunda lista publicada por el mismo autor en 1971 reúne 306 especies. Estos listados se basaron en las colecciones de la EPN (Escuela Politécnica Nacional) y el autor contó con la orientación del Prof. Gustavo Orcés, la tercera lista de peces del Ecuador fue elaborada por Barriga (1991) y se basó en los estudios de la sistemática y ecología distribucional de los peces de las principales cuencas hidrográficas del Ecuador, registrándose 706 especies. Este trabajo incrementó 400 especies al listado de la ictiofauna conocida para el Ecuador; incluye principalmente los resultados de los estudios del nororiente y noroccidente del país, En los últimos años se han realizado descripciones de especies nuevas y revisiones de varios géneros de los peces neotropicales, en los que se incluyen especies que habitan en el Ecuador (Vari, 1989, Vari *et al*., 2005, Albert y Crampton, 2003, Armbruster 2003a, Armbruster 2003b, Lasso *et al*., 2003, Reis *et al*. 2003, Bockmann y Guazzelli 2003, Maldonado-Ocampo *et al*., 2008, Lujan *et al*., 2010 y Ortega *et al*., 2011). El recurso pesquero del río Cuyabeno, destaca una altísima biodiversidad íctica con 273 registros en el río Aguarico y 307 en el Lagartococha, ambos dentro de la cuenca del Napo, siendo la mayor riqueza acuática del corredor Trinacional La Paya – Cuyabeno – Güeppí (Burgos, 2018). Así, entre estos dos lugares está aproximadamente el 48% de la diversidad de piscícola del Ecuador; documentando para el 2012. Con 951 especies continentales a nivel nacional; estos datos sustentan el incremento de esfuerzos de investigación, para el uso, manejo y conservación; de esta concentración inusual de ictiofauna. Entre la información recabada, se reporta capturas de *Arapaima gigas* (paiche o pirarucú) especie de gran importancia en la cuenca amazónica.

La Amazonía se destaca primero en la producción extractiva de agua dulce, con el 28,0% del total producido en Brasil, pero la contribución a la acuicultura es pequeña, habiendo producido 837 toneladas en el año 2000. La participación del tambaqui (*Colossoma macropomum*) en la producción total de pescado ha ido disminuyendo a lo largo de los años, del 10,8% en 1994 al 6,3% en 1997, a pesar de ser una especie autóctona, lo que despierta la preferencia de los consumidores y alcanza un excelente valor de mercado. El tambaqui es una de las especies que más despierta el interés para la piscicultura en Brasil (Graef, 2005).

La frescura es un atributo importante de la calidad de los peces, la calidad de los productos pesqueros depende prácticamente de la frescura inicial de las materias primas. Especialmente, muy fresco el pescado es muy importante para las personas que están acostumbradas al consumo de carne de pescado en estado crudo. Como los peces son alimentos excepcionalmente frágiles, la ultra congelación es crucial para mantener la calidad de este sensible alimento acuático producto durante el procesamiento y la distribución (Burgaard & Jørgensen, 2011). La degradación *post-mortem* en los peces inicia con cambios químicos y enzimáticos después de la muerte y estos se supone que son las principales causas de la degradación temprana de la frescura *post-mortem* la misma que no se activa durante un período de almacenamiento corto (Ghaly *et al*., 2010). En la etapa temprana del metabolismo *post-mortem*, la degradación de la adenosina 5-trifosfato (ATP) está adecuadamente correlacionada con la pérdida percibida de la condición de la frescura inicial (Olafsdóttir, 1997). La ruta principal de degradación de ATP en peces músculos involucra la desfosforilación gradual y por pasos de ATP a adenosina 5′-difosfato (ADP) y luego a adenosina mono 5′-fosfato (AMP), y cambio a inosina mono 5′-fosfato (IMP). Este último se degrada a inosina (HxR) y eventualmente a hipoxantina (Hx). Además, el ATP se sintetiza a partir de sustratos de ADP y AMP, y la relativa proporción de estos nucleótidos de adenosina (ATP, ADP y AMP) es un indicador importante de la posición metabólica, que se conoce como carga de energía de adenilato (AEC) (Atkinson, 1968). Además, las formas oxidada y reducida del dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD y NADH, respectivamente) son coenzimas vitales que se correlacionan con el proceso metabólico *post-mortem*. Tras el sacrificio de los peces, se presenta la glucólisis anaeróbica rápida además de la transformación de NAD a NADH o viceversa se inicia, los niveles de NAD y NADH pueden influir en la textura muscular y el mantenimiento del color en el tejido de los peces (Imamura *et al*., 2008). Como la degradación del ATP y se producen cambios en la textura y apariencia del músculo, simultáneamente en el cuerpo del pez (Seideman *et al*., 1984), combinado con el seguimiento del índice de frescura (valores AEC) y el contenido de NAD/NADH que pueden confirmar posibles cambios en la calidad *post-mortem* en las primeras etapas después muerte.

El deterioro de la carne de pescado tiene 4 etapas: rigor mortis, resolución de rigor, autolisis (pérdida de frescura) y el deterioro bacteriano, estas etapas dependen de la conservación de la especie después del faenamiento de acuerdo algunos factores como el estado fisiológico, la contaminación microbiana y la temperatura. Los

procesos autólicos se llevan a cabo mediante enzimas endógenas presentes en el músculo mientras se deteriora, este es causado por el crecimiento bacteriano, otro factor predominante son las condiciones de manipulación y procesamiento (Ocaño *et al*., 2006). Para extender la vida útil de estas especies se utilizan métodos de conservación como el (ahumado, salado y congelación) que permiten mantener la calidad del producto y darle un valor agregado (Enríquez, 2018).

Con base en los antecedentes se tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica de los cambios *post-morten* en la calidad de los peces amazónicos de cinco especies (*Piaractus brachypomus, Arapaima gigas, Brycon amazonicus, Psudoplatystoma punctifer, Colossoma macropomun*)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica que tiene un enfoque documental no experimental, ajustándose a la recopilación de información a través de la lectura analítica de documentos y materiales bibliográficos relacionados a los cambios *post-morten* de la calidad de carne de peces amazonicos, con el objetivo de adquirir antecedentes para adentrarse en teorías. La investigación es cualitativa con un alcance descriptivo, ya que detalla los parámetros requeridos por la carne de los peces.

El método empleado es de tipo exploratorio de orden secundario, ya que se realizó una búsqueda minuciosa de información bibliográfica de documentos obtenidos en bases científicas como: Scopus, Springer, Scielo, Google Scholar, Researchgate, tesis de pre grado, maestría y doctorado. Para cumplir con el objetivo de la investigación se desarrolló una lectura crítica de los principales documentos bibliográficos seleccionados, los cuales posteriormente se clasificaron y separaron de acuerdo a la información que sustente el trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La firmeza es un factor muy importante para evaluar la calidad de la carne de pescado y fundamental al momento de comercializarla. Algunos estudios demuestran que, con cierta frecuencia, la carne de pescado ablanda después de 24 horas de almacenamiento en frío a 4 °C (Toyohara y Shimizu, 1988; Mochizuki y Sato, 1996). Diversos estudios demuestran que los cambios ocurridos en relación con las propiedades físicas de la carne de los peces, conocidos generalmente como ablandamiento de la carne durante el almacenamiento, son mayormente causados por cambios en las estructuras del tejido muscular que por cambios en los componentes de las proteínas (Hatae *et al*., 1985). El deterioro del pescado es un proceso complejo que involucra mecanismos tanto químicos, físicos, como microbiológicos (Hong *et al*., 2012), de manera que es necesario evaluar el impacto de cada uno de estos mecanismos en el filete de pescado durante su refrigeración mediante hielo.

Una vez que el organismo muere, se presentan las siguientes fases: pre-rigor, *rigor mortis*, finalización del rigor, autolisis y desarrollo bacteriano.

Cambios bioquímicos del músculo

Cambios fosfatos orgánicos. – Se observaron los procesos del ciclo de Krebs.

- El ATP proporciona energía química a diversos procesos celulares.
- Se genera la síntesis de ATP: glucolisis y fosforilación oxidativa (solo si hay aporte de 0_2)
- Se genera el consumo de ATP, contrayendo el músculo (ATPasa Miosina) y la caATPasa de la membrana responsable de la relajación muscular.

Cambios carbohidratos y fosfágenos. – Podemos observar lo siguiente:

- Glucolisis anaerobio, degradación del glucógeno muscular, degradación de fosfágenos y la producción de ATP mediante la actividad creatin kinasa, según se detalla en la figura 1.

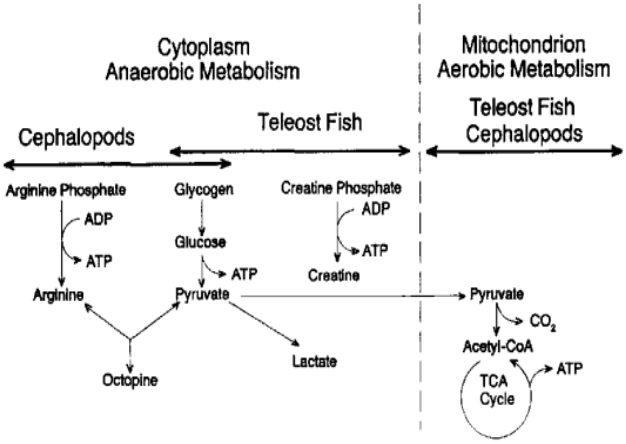


Figura 1. Metabolismo anaeróbico-anaeróbico. Haard 1992.

Descenso del pH.- se pueden observar lo siguiente:

• Degradación del glucógeno

• Por el factor del estado nutricional del recurso (pez), la baja del pH afecta de manera negativa a las cualidades del pescado e influye en la rapidez con la que se alcanza el rigor, una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne, tomando en cuenta que esta es el resultado de dos

cambios bioquímicos que ocurren en el periodo *post-morten*. El establecimiento del *rigor mortis* y la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular. El descenso del pH depende del tipo de fibras que predominan en el músculo y de la actividad muscular antes del sacrificio. Así, los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5,5 mientras que en los músculos en donde predominan las fibras de contracción lenta (rojas) el pH no baja de 6,3. Los cambios se detallan en la figura 2.

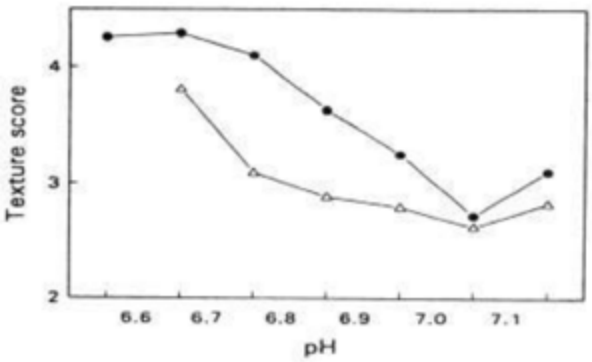


Figura 2. Cambio de pH en los cambios *post-morten*. Haard 1992.

Instauración del rigor (Stres). -_En esta fase se determina lo siguiente:

El stress previo a la muerte determina la rapidez con la que se alcanza el rigor o los tratamientos que prolonguen el estado pre-rigor retardan la pérdida de calidad e incrementan la vida útil del producto.

Duración del rigor.- Es importante en la conservación del pescado, durante esta fase se bloquea la permeabilidad de las membranas; procesos enzimáticos o bacterianos ralentizados.

Piaractus brachypomus

Entre las especies destacadas, en la región, se encuentra la Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), teleósteos de agua dulce, de la familia Characidae, originaria de la Amazonía y de gran importancia para la piscicultura brasileña. Es una especie rústica de rápido crecimiento, además de lograr un excelente valor de mercado, despertar el interés nacional (Ribeiro *et al.,* 2016). Las branquias, se encuentran en la cavidad orofaríngea, en estos se observan las denominadas laminillas primarias, las laminillas secundarias se ubicaron por encima y por debajo del eje longitudinal, de las laminillas primarias.

Imagen 1. *Piaractus brachypomus*

Índice de rigor y degradación del ATP

Inmediatamente después de su muerte y durante su transporte a los puntos de comercialización, se suceden una serie de procesos autolíticos en el músculo, entre los que destacan la hidrólisis de los nucleótidos. El efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el índice de rigor, las tasas más aceleradas de contracción muscular se presentaron en los pescados almacenados a 0ºC, los cuales alcanzaron el estado de máximo rigor (100% de IR) dos horas después del almacenamiento a esta temperatura. Por el contrario, a 10ºC, el estado de máximo rigor se alcanzó después de 10 horas de almacenamiento, mientras que a 27± 3ºC, el *rigor mortis* se desarrolló lentamente y el valor máximo fue de 82,7%, alcanzado después de 10 horas de almacenamiento. El pH del músculo inmediatamente después de la captura es cercano a la neutralidad (pH 7). Los cambios autolíticos comienzan inmediatamente después de la muerte del pez. La interrupción de la circulación sanguínea priva al músculo del aporte de oxígeno y otros nutrientes celulares, el sistema mitocondrial deja de funcionar y tiene lugar la glucólisis anaerobia, acumulándose ácido láctico como producto final con la concomitante disminución del pH muscular hasta valores de 6,5 o inferiores (Love y Haq 1970; Kramer y Peters 1981; Haard, 1992; Izquierdo-Pulido *et al.,* 1992; Huss, 1998; Massa, 2006). Distintos estudios indican que el contenido de glucógeno, su velocidad de degradación y consecuentemente el descenso del pH del músculo varían según la especie, el tipo de músculo, el estado nutricional del pez, el grado de agotamiento al momento de la muerte y las condiciones de almacenamiento (Love y Haq 1970; De Vido de Mattio *et al*. 2001; Huss 1998; Contreras-Guzmán 2002; Ocaño-Higuera, 2003; Massa, 2006). Esta disminución del pH tiene un efecto determinante en la calidad de la carne (Tomlinson y Geiger 1962; Love y Haq 1970; Izquierdo-Pulido *et al*. 1992; Faergemand *et al*. 1995; Olafsdóttir *et al*. 1997), ya que se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de retener agua. El desarrollo bacteriano posterior produce los mayores efectos de alteración del pescado durante el almacenamiento, siendo la acumulación de los productos del metabolismo microbiano la causa principal de la aparición de olores y sabores desagradables ("off-odour"; "off-flavour"). El músculo de un pez sano es estéril; luego de la muerte fallan los sistemas de defensa y

comienza la invasión y el desarrollo microbiano (Gram, 1989; Ababouch *et al*. 1996). Estos microorganismos son responsables de la formación de una serie de compuestos básicos nitrogenados, entre ellos el amoníaco, la trimetilamina (TMA), la dimetilamina (DMA), monometilamina y propilamina. Debido a la acumulación de estas sustancias, conocidas en su conjunto como Nitrógeno Básico Volátil Total (NBVT), aumenta el pH muscular que puede llegar a superar el valor de 7,5.

Los estudios morfológicos de la cachama blanca se han centrado en la descripción macro y microscópica del bazo (Herrera *et al*., 1996), la descripción del tejido sanguíneo (Eslava *et al*.,1995) y la organización general del sistema circulatorio (Pardo *et al*., 1995). En la evaluación genética aún no se ha puesto particular interés para aplicar mejoramiento genético, a pesar de que la especie ha demostrado tener condiciones zootécnicas importantes, como también limitaciones en el fileteado. La contribución del contenido de colágeno a las propiedades de textura en la carne de pescado ha sido estudiada por varios autores (Ando *et al*., 1999). En este sentido la carne de algunas especies de peces pierde textura después de algunos días de almacenamiento bajo refrigeración y estudios histológicos muestran que el rápido ablandamiento de la carne de los peces es causado por la degradación de las fibras delgadas de colágeno (Ando 1997, Suarez *et al*., 2009). En el tejido muscular de *P. brachypomus* el mineral más importante fue el potasio, seguido del sodio y el calcio, el magnesio y el hierro; los cuales son importantes en el metabolismo de la especie en concentraciones normales.

Arapaima gigas

Arapaima gigas, llamado en Brasil pirarucu y paiche en Perú, es considerado uno de los peces más grandes de agua dulce. Goulding (1980) ha citado que es común la existencia de ejemplares de 125 kg de peso, llega alcanzar un peso máximo cercano a 200 kg y 2-3 metros de longitud (Saint-Paul, 1986). En el Amazonas, son plebeyo capturado por la pesca comercial, individuos con peso que van de 30 a 40 kg, cuya carne tiene un ingreso promedio en alrededor del 57%. El pirarucu (*Arapaima gigas*), por su gran tamaño, es el pez más famoso y emblemático de la ictiofauna amazónica, representando un papel histórico en la pesca y el desarrollo situación socioeconómica de la región. Es un pez endémico, único en la región, que se encuentra en las aguas. Zonas tranquilas del río Amazonas y afluentes, así como en la vasta llanura aluvial e igapó vinculado a ella (Bard e Imiriba, 1986). Es la especie más prometedora para el desarrollo de la piscicultura intensiva en la región amazónica, ya que tiene una alta tasa de crecimiento, alcanzando de 7 a 10 kg en el primer año de vida (Pereira-Filho *et al*., 2002; Ono *et al*., 2004). El paiche se encuentra en toda la cuenca del Amazonas y también otros ríos comprendidos desde Guyana hasta Bahía en el Brasil. En el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (Rebaza *et al*., 1999).

Imagen 2. Paiche

Salas y Barriga (2004) realizaron un estudio sobre los aspectos bioquímicos y cambios *post-morten* en el filete de paiche almacenado en hielo, al evaluar la vida útil de la especie en filetes almacenados en hielo se encontraron rangos de valor K que pueden utilizarse como índices de calidad a diferencia de las pruebas BVN y pH que no demuestran ser indicadores adecuados. Según Oliveira *et al*. (2014) midió los cambios sensoriales, físico-químicos y microbiológicos que ocurrieron en muestras almacenadas a (2 ± 1 ºC), Los resultados mostraron que la vida útil para el consumo, según la evaluación sensorial, fue de 27 ± 0,5 días en hielo. a 10 (UFC / g) y los índices de pH y N-BVT no presentaron valores altos durante todo el período de almacenamiento de hielo. El rendimiento promedio obtenido para el filete de paiche, sin piel y sin escamas, fue del 41,41%, este puede ser considerado tecnológicamente idóneo.

Brycon amazonicus

Brycon amazonicus pertenece al género Brycon, género conformado por especies dulce acuícolas y que posee más de 40 especies (Howes, 1982). Esta especie nativa es la que más se ha investigado (Cruz *et al*, 2000). Sin embargo, sí la industria piscícola desea desarrollar una producción intensiva de este pez, debe afrontar varios desafíos. Sin duda alguna el reto más grande que tiene que superar la industria acuícola de esta especie es la del rápido ablandamiento de la carne cuando esta es sometida a congelación. No se sabe con certeza, cuáles son los factores, ni cómo se dan los mecanismos (Ladrat *et al,* 2003). Se cree que este cambio en la carne, puede ser producto tanto de la degradación de las proteínas miofibrilares, como del tejido conectivo intramuscular (Ofstad *et al.,* 2006), debido a la acción enzimática que se presenta durante el periodo *post-mortem* (Verrez *et al,* 1999; Caballero *et al,* 2009) y que este puede variar su intensidad según la especie y según origen de los peces (Haard, 1992), manejo presacrificio (Fletcher *et al,* 1997), así como del sistema de sacrificio. Ramírez (1986) evaluó la adición de sorbitol al músculo del yamu, a temperaturas entre 2 y -18°C, como resultado las

propiedades fisicoquímicas evaluadas en la carne de yamú se vieron afectadas principalmente por la interacción entre la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Las proteínas miofibrilares sufrieron una degradación parcial y se evidenciaron cambios en el tejido conectivo, relacionados con la pérdida de textura, especialmente cuando la carne no fue tratada con sorbitol a temperatura de congelación (-18 ± 2 °C). Viana *et al.* (2018) en un estudio de atmósferas modificadas para alargar el tiempo de vida útil y la calidad de la especie por debajo de 2 ± 1 ° C, determina que las muestras envasadas al vacío mostraron un mayor crecimiento microbiano, pero mantuvieron una buena calidad durante aproximadamente 17 días de almacenamiento. Las muestras tratadas con AMI CO_2 / N_2 (60/40%) CO_2 (100%) mostraron buena calidad durante unos 35 días. La carne del pez Yamú, una vez sacrificado y sometido a congelación, presenta un problema al que deben enfrentarse los productores y comercializadores de esta especie. Este radica en el rápido ablandamiento que sufre la carne de esta especie al conservarse a bajas temperaturas. No se sabe con certeza cuáles son los factores, ni cómo se dan los mecanismos que la afectan. No obstante, algunos autores sugieren que la pérdida de textura es ocasionada por la acción de proteasas sobre proteínas miofibrilares (Verrez *et al.,* 1999), en especial catepsinas, calpaínas y enzimas hidrolíticas como elastasas y colagenasas. Aunque ha sido reconocido que el efecto de las proteasas es posterior e independiente a la pérdida inicial de textura en algunos peces sometidos a refrigeración (Ladrat *et al,* 2003; Shigemura *et al,* 2003). Muchas proteasas han sido aisladas del músculo de pescado y el efecto de la descomposición proteolítica está generalmente relacionada con un extenso ablandamiento del tejido. Los péptidos de bajo peso molecular y los aminoácidos libres producidos por la autólisis de las proteínas no solo disminuyen la aceptación comercial de los pelágicos. También se ha demostrado, en capelán almacenado, que la autolisis acelera el crecimiento de las bacterias del deterioro, proporcionando un medio de crecimiento superior para este tipo de organismos (Howes, 1982). En relación a las catepsinas si bien han sido aisladas varias enzimas proteolíticas en el tejido del pescado, han sido las catepsinas las que quizás se han descrito con mayor frecuencia. Las catepsinas son proteasas "ácidas" que usualmente se encuentran empacadas en diminutos organelos submicroscópicos llamados lisosomas. En el tejido vivo, las proteasas lisosomales se cree son responsables de la degradación proteica en las áreas de daño. De esta forma, las catepsinas están generalmente inactivas dentro del tejido vivo, pero son liberadas dentro de los fluidos celulares luego de abuso físico o congelación y descongelación *post-mortem* del músculo. Las colagenasas están implicadas en los cambios autolíticos *post-mortem*, involucran cambios dentro de la célula muscular. Las propiedades texturales dependen de la composición química y de las propiedades estructurales, en particular de las miofibrillas y proteínas del tejido conectivo. El tejido conectivo forma una red que proporciona soporte corporal a través de la musculatura de los peces. Además, el contenido del tejido conectivo es bajo y mejor distribuido en el músculo de peces, comparado con animales de sangre caliente, y a través de este se incrementa la firmeza a lo largo del eje antero-posterior del filete (Kiessling *et al.,* 2006). La distribución de la fibra muscular ha sido relacionada por varios autores por afectar la textura en la carne de pescado. La comparación entre los cortes histológicos a lo largo del periodo de almacenamiento, muestra incremento del área entre las fibras musculares mientras disminuye la firmeza en la prueba instrumental. Similares resultados también fueron reportados para carne cocinada de pescado (Hurling y Hunt 1996). Diversos estudios muestran una disminución en la firmeza de la carne al incrementar el tamaño aparente de las fibras o la disminución óptica de la fibra (Johnston, 2000; Bugeon *et al.,* 2003). De otra parte, algunos estudios realizados en salmón del atlántico y bacalao no concuerdan con estas observaciones, posiblemente esta discrepancia podría estar relacionada al hecho que la textura varía como un factor sobre la localización rostro-caudal del filete (Bjørnevik *et al.,* 2003). La apariencia del color de la carne de pescado es una propiedad muy importante en la industria de alimentos. En salmónidos, el color rojo de la carne es de particular importancia y para peces de carne blanca este color debe estar suavemente manifiesto. Es aceptado que percibir cambios en el color de la carne puede ser causado por una reflexión alterada, debido a cambios en las propiedades de la superficie por alteración de las fibras. Resultados de diferentes estudios difieren y no es posible verificar esta hipótesis. Johnston *et al., (*2000) y Espe *et al.* (2004) reportan una posible relación entre la puntuación de color y la densidad de la fibra muscular en salmón del atlántico, mientras que ninguna relación fue encontrada para otros peces (Fenema, 1993). El colágeno es un grupo de moléculas similares, sin embargo, sus componentes aún no han sido completamente identificados (Masniyom *et al.,* 2005). En algunos casos, las cadenas de péptidos que constituyen el colágeno están unidas mediante enlaces covalentes cruzados. En los mamíferos, con el pasar de los años, los enlaces cruzados de colágeno cambian de una forma reducible a otra no reducible más estable.

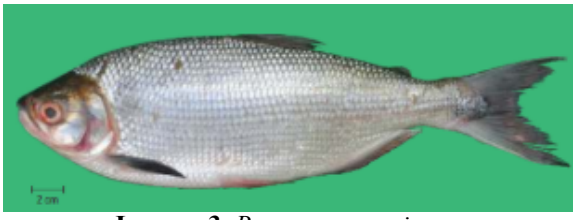


Imagen 3. *Brycon amazonicus*

Pseudoplatystoma punctifer

Una de las especies más conocidas de bagres gigantes es la doncella *Pseudoplatystoma punctifer*, la cual se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca amazónica (Goulding *et al,* 1980). Es un bagre de hábitos piscívoros (Barbarino y Winemiller, 2003), de carne muy apreciada en los mercados locales de la Amazonía peruana debido a la ausencia de espinas intramusculares y por el tamaño que alcanza. A temperatura ambiente los cambios de composición de los gases en la atmósfera de almacenamiento del bagre afectan fuertemente a los procesos biológicos y los cambios bioquímicos, químicos y microbiológicos. El O_2 desciende consumiendo totalmente los microorganismos de la actividad metabólica microbiana, esto sucede cuando se crea ambientes donde el acceso de oxígeno es restringido. Este resultado identificado coincide con los estudios realizados por Reddy *et al,* (1994) en filetes de tilapia y por Fletcher *et al,* (2002) en filetes de Salmón Rey, donde los niveles de O2 descendieron hasta valores cercanos a cero (0%). En el espacio de cabeza de los empaques contentivos de las mezclas de gases CO_2/N_2 se observó un comportamiento similar de decrecimiento lineal en la concentración de CO_2.

Imagen 4. Bagre

Colossoma macropomum

Los peces dulceacuícolas, tanto en condiciones naturales como de cultivo, son susceptibles al ataque e invasión de agentes virales, bacterianos, micóticos y parasitarios, conocidos como patógenos facultativos, que ingresan a las instalaciones de cultivo, conviviendo con los peces sin ocasionarles daño, ya que son reducidos por las defensas del organismo sin presentar manifestaciones clínicas de la enfermedad; sin embargo, si las condiciones se tornan desfavorables para los peces, pueden bajar sus defensas naturales y el organismo atacante invade desmedidamente al hospedero, comportándose como un patógeno y ocasionando altas tasas de mortalidades en las piscifactorías. En Venezuela se han realizado estudios sobre enfermedades y sus agentes etiológicos en varias especies de peces dulceacuícolas de importancia comercial, tanto en el ámbito silvestre como de cultivo (Aragort, 1994; Ravelo y Conroy, 1994; Torres *et al.,* 2002). En ambientes naturales, los peces de forma periódica son afectados por patógenos; por su parte, en estanques de cultivo, se pueden presentar condiciones desfavorables que incrementan su incidencia, tales como disminución en el contenido de oxígeno disuelto en el agua, temperaturas fuera del intervalo óptimo de la especie o variaciones drásticas de las mismas; hacinamiento producido por las altas densidades de los ejemplares en los estanques y presencia de elementos tóxicos en el agua.

Imagen 5. Cachama

De manera general, se conoce que los pescados continentales tropicales poseen un comportamiento diferente a la mayor parte de las especies marinas, principalmente por alcanzar una rápida rigidez a temperaturas de refrigeración, fenómeno conocido como cold shock (Curran *et at,* 1986; Almeida *et at,* 2005; Batista *et al,* 2004). Evaluaron la influencia de la temperatura sobre los cambios *post-morten* de la cachama, evaluando el desarrollo de *rigor mortis* (IR), concentración de adenosina trifosfato (ATP), adenosina difosfato (ADP), adenosina monofosfato (AMP), inosina monofosfato (IMP), inosina (HxR), hipoxantina (Hx) por HPLC e índice de frescura (valor K). En los pescados almacenados a 0ºC se presentó una contracción violenta, con valores de IR máximo de 100% en 2 horas, mientras que a 10ºC la máxima contracción se presentó después de 10 horas y a 27,3ºC, el máximo valor de IR fue de 82,97% después de 24 horas. La tasa de hidrólisis de ATP fue mayor durante las primeras 24 horas en los pescados almacenados a 10ºC. El bajo contenido de grasa presentado por híbridos de cachama cultivados, al contrario de lo observado por Ng C (1983). Lo cual pudo estar relacionado con su edad, ya que los ejemplares utilizados en la investigación fueron pequeños, aun cuando su talla y peso estaban dentro del tamaño comercial (300 g – 500 g de peso corporal). El alto contenido en proteína y bajo contenido en grasa puede clasificar a estos ejemplares como pescado de grado A, de acuerdo a la clasificación propuesta por Mendes *et al,* (2017) realiza un estudio sobre la comparación de la calidad de los tambiquis *(Colossoma macropomum)* sacrificados por asfixia, el método tradicional y la hipotermia, donde contenido de bases nitrogenadas volátiles totales (TVB-N) y el pH eran más altos en los peces muertos por asfixia. El análisis sensorial indicó que la calidad del pescado sacrificado inmediatamente después del transporte fue menor que la del pescado al que se le permitió recuperarse del estrés previo al sacrificio. Los peces sacrificados inmediatamente después del transporte muestran menor calidad (Viegas *et*

al, 2012),y deben ser sometidos inmediatamente a una temperatura entre 2 a- 18 °C para mantener su frescura, esto se relaciona con lo indicado por Enríquez (2022) donde menciona la importancia de utilizar temperaturas de refrigeración de 5°C a los peces en la provincia de Pastaza, Ecuador, para evitar la proliferación de microorganismos por efectos de la humedad de la zona amazónica de esta región del Ecuador.

Método (QIM), es un método basado en la evaluación de atributos característicos (piel, ojos, branquias, etc.) seleccionados para cada especie o producto en particular. La pérdida de la frescura ocurre, en una primera etapa, por la acción de enzimas endógenas presentes en las vísceras y músculos (autolisis) y posteriormente por el desarrollo de microorganismos deteriorantes (Haard, 1992, Huss 1998). La velocidad en que proceden ambas etapas depende de la especie, del método de captura, de la manipulación y particularmente de la conservación post-captura. Numerosos métodos han sido propuestos para evaluar la frescura de las especies pesqueras. Dentro de estos métodos, la evaluación sensorial es el procedimiento más utilizado en las inspecciones diarias de puertos y mercados, durante el procesamiento y por los consumidores. El Índice de Calidad (QI) genera un incremento lineal, que van desde 0 (máxima frescura) a 34 (pérdida total de frescura), con una fuerte correlación con el tiempo de almacenamiento.

CONCLUSIONES

El rigor es un proceso no del todo comprendido, pero siempre ocasiona el reblandecimiento (relajación) posterior del tejido muscular y se cree que está relacionado con la activación de una o más enzimas musculares presentes en el pescado, las cuales digieren ciertos componentes del complejo rigor mortis. El reblandecimiento del músculo durante la resolución del rigor (eventualmente el proceso de deterioro) coincidieron con los cambios autolíticos. De estos cambios, el primero en ser reconocido en las 5 especies estudiadas se forma más o menos después de la muerte fue la degradación de los compuestos relacionados con el ATP. Asimismo, la degradación de nucleótidos es solo coincidencial con los cambios percibidos en la frescura y no está necesariamente relacionada con su deterioro, considerándose que solo la hipoxantina tiene un efecto directo en el sabor amargo percibido en el pescado deteriorado.

Uno de los factores en el manejo de la calidad de la carne de pescado es el método de conservación que se aplica a la especie. En las 5 especies se utiliza la refrigeración y congelación en un rango de temperatura que oscila entre los 2° hasta los -18°C. Los cambios *post-morten* también tienen mucho que ver con la forma de sacrificar a las especies.

En la actualidad la innovación en los métodos de conservación en los recursos hidrobiológicos brinda la posibilidad de ofertar al consumidor un producto fresco y sin alteraciones en sus estructuras físico-químicas y microbiológicas, el manejo de atmósferas modificadas y la selección de envases son una oportunidad de manejo de la cadena de producción de las especies y almacenamiento por más tiempo de las especies permitiéndole tener un valor agregado.

LITERATURA CITADA

Ababouch L.H., Souibri L., Rhaliby K., Ouahdi O., Battal M., Busta F.F. 1996. Quality changes in sardines (Sardina pilchardus) stored in ice and at ambient temperature. Food Microbiology 13:123-132. https://doi.org/10.1006/fmic.1996.0016

Albert, J.S., W.G.R. Crampton. 2003. Seven new species of the Neotropical electric fish Gymnotus (Telesostei, Gymnotiformes) with a redescription of G. carapo (Linnaeus). Zootaxa 287:1-54.

Almeida M, Batista G, Kodaira M, Val L, Lessi E. 2005. Determinação do índice de rigor-mortis esua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (Colossoma macropomum), de piscicultura e conservados em gelo. Ciência Rural, 35(3): 698-704.

Ando M, Nishiyabu A, Tsukamasa Y, Makinodan Y. 1999 Postmortem softening of fish muscle during chilled storage as affected by bleeding. J Food Sci 64(3): 423-428.

Ando M. 1997 Softening Mechanism of Fish Meat. Suisangaku Series. Tokyo, Japan:Kouseisha Kouseikaku.

Ang JF, Haard NF. 1985. Chemical composition and postmortem changes in soft textured muscle from intensely feeding atlantic cod (gadius morhua, l). Journal of Food Biochemistry. 9(1):49-64

Arce, M. Y P. Sánchez. 2002. Estudio ecológico de la fauna íctica del río Amazonas en los alrededores de Leticia, Amazonía Colombiana. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Aragort, W. 1994. Parasitismo por tremátodos monogenésicos branquiales en cachama, Colossoma macropomum, bajo condiciones de cultivo: El caso de la sub-Estación Experimental Papelón, Estado Portuguesa. Tesis. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay, Venezuela. 107 p.

Araujo-Lima, C. Y M. Goulding. 1997. So fruitful a fish. Ecology, conservation and aquaculture of the Amazon´s tambaqui. Columbia University Press, New York, 191 pp.

Araújo, Marleide Guimarães de Oliveira. Características físico-químicas, bacteriológicas e sensoriais de filés de pintado amazônico (Fêmea de Pseudoplatystoma spp e X Macho Leiarius marmoratus), estocado em atmoófera modificada / Marleide Guimarães de Oliveira Araújo. – 2012.

Arbeláez, F. 2004. Estudio de la ecología de los peces de un caño de aguas negras amazónicas en los alrededores de Leticia. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 71 pp.

Arce M., P. Sánchez 2002 Estudio ecológico de la faunaíctica del ríoAmazonas en los alrededores de Leticia,Amazonia Colombiana. Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacionalde Colombia, Bogotá

Armbruster, J.W. 2003ª. The species of the Hypostomus cochliodon group (Siluriformes: Loricariidae). Zootaxa, 249: 1-60.

Armbruster, J.W. 2003b. Peckoltia sabaji, a new species from the Guyana Shield (Siluriformes: Loricariidae). Zootaxa, 344: 1-12.

Atkinson DE. 1968. The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. Bio-Chemistry, 7:4030– 4034

Barbarino, A. y Winemiller, K. O. 2003. Dietary segregation among large catfishes of the Apure and Arauca Rivers, Venezuela. Journal of Fish Biology. 63: 410-427

Bard. J.; Imbiriba, E. P. 1986 Piscicultura do pirarucu, Arapaima gigas, Belém: Embrapa - CPATU, 17p.

Barriga, R. 1991. Los Peces de Agua dulce del Ecuador. Rev. Politécnica, Biología, XVI (3): 7-88.

Barthem, R. Y M. Goulding. 1997. The Catfish Connection. Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators. Columbia University Press, New York.

Batista G, Lessi E, Kodaira M, Falcao P, 2004. Alteracoes bioquímicas post-mortem de matrinxa Brycon cephalus (Gunther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. Cien. Tecnol. Aliment., Campinas, 24 (4): 573-581.

Bockmann, F. A. y G.M. Guazzelli. 2003. Heptapteridae. Pp. 406-431. en: Reis, R.E., S.O. Kullander y C.J. Ferraris Jr. (organizadores), Check list of the fresh water fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.

Bjørnevik M, Karlsen Ø, Johnston A, Kiessling A. 2003. Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod. Aquaculture 34: 55-64.

Bugeon J, Jefevre F, Fauconneau B. 2003. Fillet texture and muscle structure in brown trout (*Salmo trutta*) subjected to longterm exercise. Aquaculture Res 34: 1287-1295.

Burgaard & Bo M. Jørgensen. 2011. Effect of Frozen Storage Temperature on Quality-Related Changes in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss), Journal of Aquatic Food Product Technology, 20:1, 53-63, DOI: 10.1080/10498850.2010.538894

Burgos, R. 2018. Lineamientos a nivel comunitario para el uso y manejo sostenible de peces con énfasis en Arapaima gigas para la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. Proyecto IAPA – Visión Amazónica. Unión Europea, Redparques, WWF, FAO, UICN, ONU Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Caballero MJ, Betancor M, Escrig JC, Montero D, Espinosa de los Monteros A, Castro P. (2009) Post mortem changes produced in the muscle of sea bream (*Sparus aurata*) during ice storage. Aquaculture.

Castellanos, C. 2003. Distribución especial de la comunidad de peces en una quebrada de aguas negras amazñonicas, Leticia, Colombia. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 184 pp

Contreras-Guzmán E. 2002. Bioquímica de pescados e invertebrados, Santiago, Chile.

Costa-Neto, E. y J. G. W. Marques. 2000. Etnoictiología dos pescadores artesanais de Siribinha, municipio de Conde (Bahía): aspectos relacionados con a etología dos peixes. Acta Scientiarum 22 (2): 553-560.

Curran C, Poulten R, Brueton A, Jones N. 1986. Cold shock reactions in iced tropical fish. J. Food Tech., 21: 288-299

Cruz C, Arias C, Vásquez T, Eslava M. 2000. Cultivo de la cachama y el yamú en los Llanos Orientales de Colombia Revista Colombiana de ciencia y tecnología. 18:10.

De Vido De Mattio N., Paredi M., Crupkin M. 2001. Influence of the gonadal cycle and food availability on postmortem changes in glycogen, adenosine triphosphate, hypoxanthine, and the 260/250 absorbance ratio in adductor muscles from scallop Aequipecten tehuelchus (D'Orbigny, 1846). Journal of Shellfish Research 20:111-115.

Duque, S. R., J. E. Ruiz, J. Gómez y E. Roessler. 1997. Limnología. 71-134. En IGAC (Ed.). Zonificación ambiental para el plan modelo Colombo – Brasilero (Eje Apaporis – Tabatinga: PAT). Editorial Linotipia. Santafé de Bogotá.

Enríquez, M. Á. 2018. Atmósfera modificada en la conservación de carne de trucha arcoíris (oncorhynchus mykiss). NOVASINERGIA. Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología, 1(1).

Enríquez, M. A. 2022. Postmortem changes in the meat quality of Amazonian fish of the species (Piaractus brachypomus, Arapaima gigas, Brycon amazonicus, Pseudoplatystoma punctifer, Colossoma macropomum. Bibliographic review. Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales, 9(1), 89–108. https://doi.org/10.23850/24220582.4635

Eslava PR, Hernández CP, Gómez LA. 1995 Hematología básica de la cachama blanca (*Piaractus* brachypomus). Rev MVZ Unillanos, 1:3-5.

Espe M, Ruohonen K, Bjørnevik M, Frøyland l, Nortvedt R, Kiessling A. 2004. Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. Aquaculture, 204: 489-504.

Faergemand J., Rønsholdt B., Alsted N., Borresen T. 1995. Fillet texture of rainbow trout as affected by feeding strategy, slaughtering procedure and storage post mortem. Water Science and Technology 31:225-231. https://doi.org/10.1016/0273- 1223(95)00443-Q

Fenema R. 1993. Química de los alimentos. Zaragoza, España: Ed. Acribia S.A.

Fletcher GC, Hallett IC, Jerrett AR, Holland AJ 2002 Changes in the Fine Structure of the Myocommata–Muscle Fibre Junction Related to Gaping in Rested and Exercised Muscle from King Salmon (Oncorhynchus tshawytscha). LWT - Food Science and Technology.

Garrido, M.D.; Bañón, S.; Álvarez, D. 2005. Medida del pH. En: "Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes". Cañeque, V.; Sañudo, C.

Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S. & Brooks, M. S. 2010. Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review. American Journal of Applied Sciences, *7*(7), 859-877. https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.859.877

Guarderas, Lida e I. Jácome-Negrete. 2013. Curaray Causac Yacu Conocimiento y gestión territorial de los humedales del Pueblo Kichwa de la cuenca media y baja del río Curaray desde la visión del Sumac Allpa y del Sumac Causai. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. Dimensión Alternativa, Quito.

Graef, E.W. As 2005 Espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: VAL. A.L.; HONCZARY, A. Criando peixe na Amazônia 19.ed. Manaus: INPA,. p.29-43.

Gram L. 1989. Identification, characterization, and inhibition of bacteria isolated from tropical fish. PhD. The technological Laboratory of the Danish Ministry of Fisheries and The Royal Veterinary and Agricultural University.

Géry, J. 1990. The fishes of Amazonia. En: Sioli, H. (Ed.). The Amazon: Limnology and landscape ecology of migthy tropical river and its basin. - Monographiae Biologiae. 56:763.

Géry, J. Y V. Mahnert. 1992. Notes sur quelques Brycon des basins de l'Amazone, du Parana-Paraguay et du Sud-Est brésilien (Pises, Characiformes, Characidae). Revue suisse Zool., 99 (4): 793-819.

Goulding M., R. Barthem, E. Ferreira. 2003 SmithsonianAtlas of the Amazon. Smithsonian Institution Press,Washington, D. C. 254 pp.

Goulding, M. 1980 The Fishes and lhe Forest: explorations in Amazonian natural history. Berkeley, University of California. 280p.

Hatae, K.; Tamari, S.; Miyanaga, K. and Matsumoto, J. 1985. Species difference and changes in the physical properties of fish muscle as freshness decreases. B Jpn Soc Sci Fish, 51: 1155-1161

Haard N.F. 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. Food Research International 25:289-307. https://doi.org/10.1016/0963- 9969(92)90126-P

Herrera DC, Eslava PE, Iegui CA. 1996 Aspectos de anatomía macro y microscópica del bazo de cachama blanca (Piaractus brachypomus). Rev ACOVEZ, 21:16-21.

Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z. & Shen, H. 2012. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (Aristichthys nobilis) fi llets stored at 4°C. Food Chemistry, 133(1): 102-107

Howes G. Review of genus brycon. 1982 Bulletin of the British Museum (Natural History). 43:336.

Hurling, R., Rodell, J. B., & Hunt, H. D. 1996. Fiber diameter and fish texture. *Journal of Texture Studies*, *27*(6), 679-685.

Huss H.H. 1998. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, pp 202. http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm

Imamura S, Uchiyama J, Koshimizu E, Hanai J, Raftopoulou C, Murphey RD, Bayliss PE, Imai Y, Burns CE, Masutomi K, Gagos S, Zon LI, Roberts TM, Kishi S. 2008. A non-canonical function of zebrafish telomerase reverse transcriptase is required for developmental hematopoiesis. PLoS One 3, e3364

Izquierdo-Pulido M.L., Hatae K., Haard N.F. 1992. Nucleotide catabolism and changes in texture indices during ice storage of cultured sturgeon, Acipenser transmontanus. Journal of Biochemistry 16:173-192. https://doi.org/10.1111/j.1745- 4514.1992.tb00444.x

Jácome, I. 2005. Sumac Yacu – Introducción al conocimiento de los ecosistemas acuáticos y la diversidad, ecología, aprovechamiento y conservación de los peces de los territorios quichuas de Yana Yacu, Nina Amarun y Lorocachi, Pastaza. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. Ediciones AbyaYala, Quito.

Jácome, I. y L. Guarderas. 2005. Sumac Jita – Introducción al conocimiento de la diversidad, ecología y uso de los principales recursos biológicos de tres ecosistemas de lagunas del Territorio quichua de Yana Yacu, Pastaza. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. Ediciones AbyaYala, Quito.

Jiménez L. F. 1994 La comunidad íctica presente en la zona de los gramalotes ubicados sobre el margen colombiano del río Amazonas. Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (PDF) Peces de la Cuenca del Río Amazonas en Colombia: Región de Leticia.

Johnston A, Alderson R, Sandham C, Dingwall A, Mitchell D, Selkirk C, Nickell D, Baker R, Robertson B, Whyte D, Springate J. 2000. Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar L.).* Aquaculture 189: 335-349.

Junk, W. 1997.The central amazon floodplain. Ecology of a pulsing system. Springer, Germany.

Kiessling A, Ruohonen K, Bjørnevik M. 2006. Muscle fibre growth and quality in fish Arch Tierz 49: 137-146.

Kramer D.E., Peters M.D. 1981. Effect of pH and pre-freezing treatment on the texture of yellowtail rockfish (Sebastes flavidus) as measured by the Ottawa Texture Measuring System16:493-504. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb01842.x

Lasso, C.A, D. Lew., D.C. Taphorn, C. Do Nascimento, O. Lasso-Alcala, F. Provenzano, A. Machado. 2003. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales No.43: 105-195.

Ladrat C, Verrez-Bagnis V, Noël J, Fleurence J. 2003 In vitro proteolysis of myofibrillar and sarcoplasmic proteins of white muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*): effects of cathepsins B, D and L. Food Chemistry, 81(4):517-25.

Lowe-McConnell, R. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge.

Love R.M., Haq M.A. 1970. The connective tissues of fish III. The effect of pH on gaping in cod entering rigor mortis at different temperatures Journal of Food Technology 5:241-248. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb01563.x

Lujan, N.K., M. Hidalgo y D.J. Stewart 2010 Revision of Panaque with descriptions of three new species from the Amazon Basin (Siluriformes, Loricariidae). Copeia (4):676-704.

Llorente, J. y L. Michán. 2000. El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad. En: Piera, F., Morrone, J. y A. Melic (eds.). Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica. Monografías Tercer Milenio Vol.1. SEA, Zaragoza

Maldonado-Ocampo, J.A, R.P. Vari y J.S. Usma. 2008 Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. Biota Colombiana 9 (2):143 -237.

Massa A. 2006. Cambios bioquímicos post-mortem en músculo de diferentes especies pesqueras. Determinación de la vida útil de las mismas en frío. PhD. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata, 236 pp.

Masniyom, P., Benjakul, S., & Visessanguan, W. 2005. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life of refrigerated seabass slices. LWT-Food Science and Technology, 38, 745-756.

Mendes, Joana Maia, Dairiki, Jony Koji, Inoue, Luis Antonio Kioshi Aoki, & JESUS, Rogério Souza de. 2017. Advantages of recovery from pre-slaughter stress in tambaqui Colossoma macropomum (Cuvier 1816) agroindustry in the Amazon. Food Science and Technology, 37(3), 383-388. Epub March 09, 2017.https://doi.org/10.1590/1678-457x.14316

Mochizuki S, Sato A. 1996 Effects of Various Killing Procedures on Post mortem Changes in the Muscle of Horse Mackerel. Bull Japan Soc Sci Fish. 64:276-279

Mourão, J., H. Araujo y F. Almeida. 2006. Ethnotaxonomy of mastofauna as practiced by hunters of Municipality of Paulista, state of Paraíba-Brasil. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 2(19): 1-7

Olafsdóttir; G. Martinsdóttir; J. Oehlenschläger; P. Dalgaard; B. Jensen; I. Undeland; I.M. Mackie; G. Henehan; J. Nielsen; H. Nilsen 1997. *Methods to evaluate fish freshness in research and industry. , 8(8), 0–265.* doi:10.1016/s0924-2244(97)01049-2

Oliveira, Pedro Roberto de, Jesus, Rogério Souza de, Batista, Gilvan Machado, & Lessi, Edson. 2014. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (Arapaima gigas, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. Brazilian Journal of Food Technology, 17(1), 67-74. https://doi.org/10.1590/bjft.2014.010

Ortega, H., M. Hidalgo, E. Correa, J. Espino, L. Chocano, G. Trevejo, A.M. Cortijo y R. Quishpe. 2011. Lista anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú. Estado Actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Universidad Mayor San Marcos de Lima- Ministerio del Ambiente. 37 pp.

Ocaño-Higuera, V. M., Maeda-Martínez, A. N., Lugo-Sánchez, M. E., & Pacheco Aguilar, R. 2006. Postmortem biochemical and textural changes in the adductor muscle of catarina scallop stored at 0 C. Journal of Food Biochemistry, 30(4): 373–389

Ono, E. A.; Halverson, M. R.; Kubtiza. 2004. F. Pirarucu, o gigante esquecido. Revista Panorama de Aquicultura. 14(81):14-25.

Ofstad R, Olsen RL, Taylor R, Hannesson KO. 2006 Breakdown of intramuscular connective tissue in cod (Gadus morhua L.) and spotted wolffish (Anarhichas minor O.) related to gaping. LWT - Food Science and Technology.

Ovchynnyk, M. 1967. Freshwater fishes of Ecuador. Latin American Studies Center. Michigan State University Monograph. Series 1:1-44.

Pardo-Carrasco S, Atencio V, Arias A. 1995 Contribución al conocimiento del aparato circulatorio de la cachama blanca (Piaractus brachypomus). Rev Asoc Col Ict;3:63-68.

Pereira-Filho, M.; Caveiro, B. A. S.; Roubach, R.; Ituassu, D. R.; Gandra, A. L.; Crecêncio, R. 2002 Resultados preliminares da engorda do pirarucu (Arapaima gigas) em viveiro escavado. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, Goiânia. 18p.

Prada S. 1987. Acercamientos etnopiscícolas con los indios Ticuna del Parque Nacional Natural Amacayacu.Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (PDF) Peces de la Cuenca del Río Amazonas en Colombia: Región de Leticia.

Prieto, E. 2000. Estudio ictiológico de un caño de aguas negras de la Amazonia Colombiana, Leticia. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 98 pp.

Ramírez, A. 1986. Estudio sobre las capturas realizadas en la época seca de 1984 en la desembocadura de la quebrada Mata-Mata al río Amazonas, contemplando algunos aspectos ecológicos y taxonómicos. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Ravelo, C. U. y D. A. Conroy. 1994. Estudio sobre la enfermedad columnaris en cultivo de cachama, Colossoma macropomum, en jaulas flotantes. I. Caracterización de la enfermedad y su agente etiológico. Memorias VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Santa Fe de Bogotá, Colombia. pp. 336-346.

Rebaza, M; Alcántara, F; Valdiviezo, M. 1999. Manual de piscicultura del paiche. Caracas, Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), FAO, Secretaria Pro Tempore Venezuela. 35 p.

Reddy N, Schreiber C, Buzard K, Skinner G, Armstrong D. 1994. Shelf Life of Fresh Tilapia Packaged in High Barrier Film with Modified Atmospheres. J. Food Sci. 59(2):260-264.

Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris, C.J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre

Retana, O. 2004. Principios de Taxonomía Zoológica Chinanteca: Aves. Etnobiología 4: 29-40.

Ribeiro, Marco Tulio, Singh, Sameer, and Guestrin, Carlos. “why should I trust you?”: Explaining the

predictions ofany classifier. InKnowledge Discovery and Data Mining(KDD), 2016.

Rodríguez, F. 1992. Estudio de procesamiento de Liza (Mugil cephalus) en forma de Ahumado en Frio. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. UNALM

Salas, A. y Barriga, M. 2004. Aspectos Bioquímicos y cambios post mortem del filete de paiche (Arapaima gigas) almacenado en hielo.

Saint-Paul, U. 1986 Potencial for aquaculture of south American freshwater fishes; a rewiew. Aquaculture Amsterdam, 54:205-240.

Santos M. 2000 Aspectos ecológicos de la fauna ícticadominante en la laguna Yahuarcaca (Amazonía colombiana). Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

Sato, K., Ando, M., Kubota, S., Origasa, K., Kawase, H., Toyohara, H., Sakaguchi, M., Nakagawa, T., Makinodan, Y., Ohtsuki, K., and Kawabata, M. 1997 Involvement of type V collagen in softening of fish muscle during short-term chilled storage. J. Agric. Food Chem. 45: 343-348.

Seixas, C. y A. Begossi. 2001. Ethnozoology of fishing communities from Ilha Grande (Atlantic Forest Coast, Brazil). Journal of Ethnobiology 21(1): 107-135.

Silvano, R. A. y A. Begossi. 2002. Ethnoicththyology and fish conservation in the Piracicaba River (Brasil). Journal of Ethnobiology22(2): 285-306

Siren. 2015. *amazonía ecuatoriana. COPESCAL Documento Ocasional (* FAO *).* (Issue January 2011). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1011.7287

Shigemura, Y., M. Ando, Y. Tsukamasa, Y. Makinodan y T. Kawai. 2003. Correlation of type V collagen content with post-mortem softening of fish meat during chilled storage. Fisheries Sci. 69(4), 842-848. Doi: 10.1046/j.1444-2906.2003.00696

Suarez H, Pardo C, Cortés M, Ricaurte C, Rojano, B. 2009. Evaluación de nueva tecnología para mitigar las espinas intramusculares en filetes de cachama piaractus brachypomus (pisces: characidae).

San Román, J.V. 1994. Perfiles Históricos de la Amazonía Peruana. Rodríguez, M. ; García, J. (editores). Centro de Estudios Teológicos de la Amazonía/Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica/Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 281pp.

Santos U. DE M. Y M. DE G. Ribeiro. 1988. A Hidroquímica do rio Solimões - Amazonas. Acta Amazonica, 18 (3-4): 145-172.

Santos, M. 2000. Aspectos ecológicos de la fauna íctica dominante en la laguna de Yaguarcaca, Leticia, Amazonia Colombiana. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 99 pp.

Santos-Fita, D., E. Costa-Neto y E. Cano-Contreras. 2009. El quehacer de la Etnozoología. Manual de Etnozoología. Tundra Ediciones, Valencia.

Seideman, S. C., Cross, H. R., Smith, G. C., & Durland, P. R. 1984. Factors Associated With Fresh Meat Color: a Review. *Journal of Food Quality*, *6*(3), 211–237. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1984.tb00826.x

Sioli, H 1975. Amazon tributaries and drainage basins. Ecol. Stud., 10: 199-213.

Sioli, H. 1984. The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin, Dr. W.Junk Pub. Dorddrecht, 763 pp.

Tomlinson N., Geiger S.E. 1962. Glycogen concentration and post mortem loss of adenosine triphosphate in fish and mammalian skeletal muscle. A review. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 19:997-1003. https://doi.org/10.1139/f62-064 USFDA Fish and Fishery ProductsHazards and Controls Guidance. http://www.fda.gov/seafood

Torres, J., O. Castillo, G. Cortéz, J. Bravo y M. Fontaine. 2002. Prevalencia de tremátodos monogenésicos branquiales en cachamas Colossoma macropomum de la Estación Piscícola Papelón. VI Congreso Venezolano de Acuicultura. San Cristóbal, Venezuela. Resúmenes. p. 51.

Toyohara, H. and Shimizu, Y. 1988 Relation of the rigor mortis of fish body and the texture of the muscle. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 54: 1795-1798

Vari, R.P. 1989. Systematics of the neotropical characiform genus Pseudocurimata Fernández-Yépez (Pisces: Ostariophysi) Smithsonian Contributions to Zoology 490: 1-28.

Val, A. Y V. Almeida-Val. 1995. Fishes of the Amazon and their environment. Physiological and biochemical aspect. Springer-Verlag, Berlin, 223 pp.

Vari, R.P., C.J. Ferraris Jr. y M.C.C. de Pinna, 2005. The neotropical whale catfishes (Siluriformes: Cetopsidae: Cetopsinae), a revisionary study. Neotrop. Ichthyol. 3(2):127-238.

Verrez-Bagnis V, Noel J, Sautereau C, Fleurence J. Desmin. 1999. Degradation in Postmortem Fish Muscle. Journal of Food Science.

Viana, A. P. ; Inhamuns, A. J. ; Oliveira, P. R. de ; Souza, L. C. 2018 Effect of modified atmosphere packaging on Brycon amazonicus conservation. Boletim do Instituto de Pesca, [S.l.], v. 42(1):17-28.

Viegas, O., et al. 2012 Inhibitory Effect of Antioxidant-Rich Marinades on the Formation of Heterocyclic Aromatic Amines in Pan-Fried Beef. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60, 6235-6240. http://dx.doi.org/10.1021/jf302227b

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

LA COMERCIALIZACIÓN DE CAFÉ EN EL CENTRO ARTESANAL DE PRODUCCIÓN Y COMERCIO EXTERIOR, SAN PLÁCIDO-PORTOVIEJO

THE MARKETING OF COFFEE IN THE ARTISANAL PRODUCTION AND FOREIGN TRADE CENTER, SAN PLÁCIDO-PORTOVIEJO

Jorge Luis Intriago Intriago, Byron Rolando Alcívar Arteaga, Valter Francisco Mero Rosado

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Circunvalación – Vía San Mateo, Manta – Manabí – Ecuador.

Email: jorluin@hotmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
01/07/2022

Aceptado:
22/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):27-33

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.276

Resumen

La comercialización del café ha tenido un ligero crecimiento, pero existen factores que no han sido manejados, a través de una política gubernamental que inyecte proyecciones y sobre todo dándole las herramientas a los caficultores para promover una producción y comercialización de manera responsable, y a la vez justa en el precio. El objetivo de esta investigación fue determinar un diagnóstico de la comercialización del café en el centro artesanal de producción y comercio exterior de la parroquia San Plácido de Portoviejo, un trabajo que sintetiza la importancia de generar grandes dimensiones a través de un programa con un enfoque visionario de fortalecimiento en la economía de sus pobladores en el referido sector. Para el desarrollo de esta investigación, se empleó un enfoque documental cualitativo bajo métodos analítico y descriptivo que sirvió para cimentar el alcance de este estudio relacionado a la comercialización del café, para ello se utilizaron fuentes primarias como entrevista a los socios, fuentes secundarias basadas en publicaciones de organismos especializados. La relevancia de este estudio se caracterizó en conocer aspectos en potenciar la comercialización del café enfocada hacia un direccionamiento clave como es generar competitividad dentro de las personas dedicadas a esta actividad en mejoras a través de una cultura orgánica en su producción.

Palabras clave: Diagnóstico, comercialización del café, caficultores, políticas gubernamentales.

Abstract

The commercialization of coffee has had a slight growth, but there are factors that have not been managed, through a government policy that injects projections and, above all, giving coffee growers the tools to promote production and commercialization in a responsible manner, and at the same time fair in price. The objective of this research was to determine a diagnosis of the commercialization of coffee in the artisan center of production and foreign trade in San Plácido, Portoviejo parish, a work that synthesizes the importance of generating large dimensions through a program with a visionary approach. of strengthening the economy of its inhabitants in the aforementioned sector. For the development of this research, a qualitative documentary approach was used under analytical and descriptive methods that served to cement the scope of this study related to the commercialization of coffee, for which primary sources were used, such as interviews with partners, secondary sources based on publications of specialized organizations. The relevance of this study was characterized in knowing aspects about promoting the commercialization of coffee focused on a key direction such as generating competitiveness within the people dedicated to this activity in improvements through an organic culture in its production.

Keywords: Diagnosis, coffee marketing, coffee growers, government policies.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos hasta la actualidad, el café se considera como una de las bebidas de mayor consumo en el mundo, siendo este producto de gran importancia para el desarrollo de las economías en países como Ecuador, para obtener importantes divisas (Romoleroux, 2019). La popularidad del café es tan grande que lo ha convertido en una gran industria ya que no solo es el segundo producto en volumen del comercio mundial, después del petróleo, sino que es una gran fuente de trabajo (Toci *et al.,* 2016).

De acuerdo con Vanegas *et al.* (2018) el café presenta relevancia en aspectos, sociales, ambientales y de salud, de igual manera en el aspecto económico, se constituye en una fuente de ingresos para productores, es decir como generador de divisas para el país y otros relacionados a la cadena, en este sentido, la importancia de la actividad cafetalera, y particularmente de las pequeñas organizaciones relacionadas con la producción del café (Machado y Ríos, 2016).

El cultivo de café en Ecuador posee tanto valor económico, como social y ecológico. La importancia social y económica se basa en la generación de empleo para 105 000 familias de productores; así como para 700 000 familias adicionales vinculadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación. En el orden ecológico, la importancia del café radica en la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agroecosistemas de las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos (Alarcó, 2011), Para los ecuatorianos la comercialización del café, se presenta como una actividad destacada relacionada a la caficultura, es decir, esta actividad genera importantes ingresos, lo cual contribuyen a manera de dinamizar la economía rural entre los territorios de los cuales son productores (Vanegas *et al.,* 2018).

Los cambios globales que nuestra sociedad está experimentando en estas décadas, en particular el cambio climático con las consiguientes temperaturas extremas y el desplazamiento de las zonas climáticas respecto a las condiciones anteriores, están cambiando severamente los cultivos más sensibles como los principales cultivos comestibles, por ejemplo, el arroz, el cacao y el café (López y Arévalo, 2019). Mientras tanto, Ocampo y Álvarez (2017) consideran que las condiciones del mercado, los factores de producción y climáticos influyen sustancialmente en la productividad e inciden en la volatilidad de precios, con consecuencias en los países productores. Esto permite poner en evidencia el reto y los esfuerzos de los diferentes países ofertantes de café a nivel mundial por hacer atractivo el sector a la inversión (Sezer *et al.,* 2018).

La renovación es fundamental para generar nuevas siembras, y con la experiencia será fundamental en el uso de variedades que mejoren la producción de café en los diferentes sistemas cafetaleros, la baja productividad de la caficultura ecuatoriana tiene como causas el uso de cultivares de origen genético desconocido, deficiente manejo de suelo y agua, alta incidencia de plagas, limitadas tecnologías para sistemas de producción y reducida diseminación de las tecnologías disponibles (Duicela *et al.,* 2018). Para Sezer *et al.* (2018) es necesario tener en cuenta que la calidad del café a nivel internacional es regulada y medida bajo parámetros internacionales, los mismos que deben asegurar que el producto que está siendo comercializado a nivel internacional se encuentre alineado bajo índices y parámetros de calificación, o ajustado bajo certificaciones.

De acuerdo con lo expuesto por Vaca *et al.* (2016) la actividad del café presenta múltiples factores que pueden afectar su productividad, y más aún su calidad en el grano, lo que en el proceso puede generar repercusiones como una inestabilidad de los precios en el mercado mundial. Hay que puntualizar que la caficultura ecuatoriana, requiere de una intervención rápida con los importantes actores locales en la actividad cafetalera como perspectiva desde los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) (Ponce *et al.,* 2018). En esta nueva visión como lo sugiere Barrera, (2018), la relación de la calidad y consumo en el mercado es visto desde un enfoque a manera diferenciado, es decir, la calidad del café como punto de comercialización es la respuesta favorable para mejorar los ingresos en diferentes agentes.

Un estudio realizado por Para Vanegas *et al.* (2018) al realizar un análisis del desarrollo productivo del sector cafetalero de la parroquia San Plácido-Provincia de Manabí, periodo 2013-2017, destacan las principales variables que se deben resaltar en los procesos de la producción del café; sin embargo, revelan la existencia de inconvenientes tanto en la parte productiva como en la comercialización e industrialización del café. Existen otros estudios como el manifestado por un reporte destacado sobre el sector Agropecuario del BCE (2018), en el que destaca la falta de asistencia, escasez y alto costo de la mano de obra, con ello expresa la realidad que se vive en los escenarios del sector agropecuario, en relación con la productividad en los sectores del Ecuador, es decir en ello se evidencia como aspecto negativo la baja productividad y competitividad.

Los caficultores mantienen el reto de impulsar un desarrollo sustentable con ingresos sostenibles de acuerdo con un trabajo digno, a través de una generación de empleos sobre un eje potencial que hacen de este parte del ciclo productivo del grano (OIC, 2019). El café enfrenta serios problemas de calidad por el proceso de trabajo al que debe ser sometido el grano y por la reciente infestación de plagas como la broca y la roya. Los predios por lo regular quedan alejados de los centros de compra, y los comercializadores llegan a concentrarse en el tiempo de cosecha en los parajes, para acopiar la mayor cantidad de grano (Valverde *et al.,* 2006).

Este trabajo presenta su justificación, sobre las medidas que se han tomado en los últimos años en relación con la comercialización del café, y también las estrategias que se han diseñado para darle una visualización de enfoque en relación con la parte caficultora. Por ende, el planteamiento de medidas a futuro concentrará un auge de escala hacia un crecimiento para su consumo.

Ante lo expuesto este estudio pretende constituirse en un aporte hacia un crecimiento sostenible en mejoras del sector cafetalero realizando un diagnóstico de la comercialización del café en el centro artesanal de producción y comercio exterior, parroquia San Plácido, de la provincia de Manabí, para que en un futuro este sector sea reconocido por su exquisitez del producto, y a la vez se tomen decisiones acertadas para con ello aportar con experiencias y orientaciones prácticas y dinámicas. La presentación de este documento muestra aspectos relevantes sobre la importancia de un diagnóstico sobre cómo se implementa la comercialización del café como parte del desarrollo rural y empleo entre las familias, lo cual garantice paz y permanencia dentro de la presentación del producto en esta importante zona rural de Portoviejo.

La parroquia San Plácido constituye una fuente de empoderamiento de sus habitantes y el contexto de su comunidad que está aportando con la implementación de acciones en el sector productivo de Manabí, relacionado a la caficultura; sin embargo, se evidencia que aun la falta capacitación en el ámbito de comercialización externa, lo cual constituye un factor limitante debido a que no se consolidan herramientas de progreso como la innovación tecnológica, tan esencial para construir polos de despliegue en materia agrícola.

En este diagnóstico hay otras manifestaciones que pueden haber faltado para difundirse, como es la visión empresarial única transparente, pero sobre todo audaz, en la búsqueda de mercados internacionales vinculando a sus administradores y pobladores. Aunque hoy estos elementos no se sometan a los grandes cambios, se deben buscar como tratar de fortalecer cambios y estar a las exigencias en mercados internacionales al alcance de estos negocios.

La importancia del sector cafetalero para la zona rural de la provincia de Manabí justifica esta investigación, que tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la comercialización del café en el centro artesanal de producción y comercio exterior de la parroquia San Plácido de Portoviejo, hacia una competitividad y productividad en la zona intervenida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo desde enero a junio del 2021, periodo dentro de la cual se manejó y se recabó información relevante concerniente a un trabajo netamente de campo. Bajo este direccionamiento, fue necesario fundamentar un análisis con base en el método de observación sobre la importancia de la comercialización de café dentro del sector rural de la parroquia San plácido. Además, fue necesario recurrir a diálogos con las comunidades dedicadas a esta labor, encontrando que el 60% de productores, están relacionadas con la actividad de producción.

Se realizó un diagnóstico de la comercialización de café del Centro Artesanal de Producción y Comercio Exterior (CEPROCAFÉ), en la parroquia San Plácido, Portoviejo, aplicando un método deductivo-inductivo, siguiendo un modelo de investigación cualitativa. Para ello se utilizaron fuentes primarias (entrevista a los socios), fuentes secundarias (publicaciones de organismos especializados).

Se efectuó una entrevista a comercializadores del producto, para recabar información relacionada a la fase de producción, los costos que representan la fase de comercialización, sobre todo los precios y volúmenes en compra y venta y en su forma trascendente la caracterización de la producción.

La población objeto de análisis fue de 112 asociados caficultores de fincas de la parroquia San Plácido de la provincia Manabí del Centro Artesanal de Producción y Comercio Exterior; para determinar la muestra, se procedió de acuerdo con la metodología propuesta por Cabrera (2014), que se detalla a continuación.

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{Z^2 * P * Q + N * e^2} \; Ec.1$$

Donde:

n= Muestra, N = Población 112 caficultores, Z = Nivel de confianza 1.96, P = Probabilidad de ocurrencia 50%, Q = Probabilidad de no ocurrencia 50%, e = Nivel de significancia (1 al 10).

Aplicada la fórmula se determinó que la muestra corresponde a 34 socios, a los cuales se les planteó la encuesta.

Para la investigación se utilizaron las siguientes técnicas:

• Recopilación de información secundaria en las fuentes disponibles
• Observación directa y diálogo no estructurado con los productores sobre las estrategias de producción sobre sus sistemas de producción y comercialización.
• Diagnóstico, identificación de estrategias para la solución del problema

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados que se han obtenido en este estudio, se procedió analizar la relación de este diagnóstico haciendo un análisis reflexivo del tema sobre

la elaboración y comercialización del café. En palabras de Freire (2017), la facultad que tenga un país, cuando elabora un producto de consumo básico, esto se puede constituir en crear una unidad más pequeña para obtener el mismo bien común de un referido producto. En este contexto, muchas de las regiones dedicadas a la producción del cultivo de café permanecen con ciertas dificultades como bajo nivel de destreza técnica y el acceso limitado a créditos (OIC, 2016).

La importancia de una organización gremial va a generar respuestas en el acceso a nuevos mercados con tecnologías y programas de apoyo, esto de acuerdo con la nueva sociedad del conocimiento y responder de forma congruente a los cambios globales (Tirado, 2019). La consolidación de este resultado fue la implementación de una entrevista focal en habitantes que se dedican a esta actividad, del cual se complementan con preguntas semiestructuradas donde conocieron puntos estratégicos importantes dentro de los criterios recogidos en las personas seleccionadas.

Entrevista al comercializador

¿Qué importancia genera para usted la comercialización del café?

Esta práctica, los habitantes la realizan bajo un aspecto de emprendimiento, ya que lo ejecutan varias familias que lo hacen desde tiempos de sus abuelos, obteniendo con ello réditos, y a la vez dinamizar la economía de esta parroquia por la producción de café; creando fuentes de empleos en esta zona rural, y como ventaja en las familias campesinas para la subsistencia.

Análisis

En la referida pregunta al comercializador, es claro que muchos toman este emprendimiento para el sustento de la familia, y en si el caso de todos los entrevistados que dentro de sus respuestas manifestaron que ser un comerciante les ha dejado escenarios y aprendizajes significativos como también negativos en relación con las variaciones dentro del precio.

Las encuestas evidenciaron que los caficultores, consideraron que esta actividad es a veces rentable, debido a que se encuentran relacionados con los precios del café a nivel internacional, donde la demanda establece el precio y por ende la rentabilidad del cultivo. En CEPROCAFE, se pudo evidenciar, que las plantaciones longevas, que ya cumplieron con sus niveles óptimos de productividad, pero que con criterio técnico y asociatividad, es posible elevar la competitividad, vinculado estrechamente con la gestión de calidad y el enfoque al cliente final.

¿Cuál es su opinión acerca de la producción del café en Ecuador?

El café como tal, es uno de los productos de mayor consumo en el Ecuador. Lo que se pretende asegurar en opiniones variadas, es que a través de las nuevas tendencias el potencial de este producto ecuatoriano constituye la diversificación para lograr impulsar su comercialización y con ello tener un horizonte de futuro para ofrecerla a mercados nacionales e internacionales, gracias a la importante ubicación del Ecuador en la producción.

Análisis

Como análisis a la interrogante planteada, el Ecuador gana espacios muy significativos con su comercialización, es decir con la diversificación, los actores apuestan por mejorar y fortalecer los procesos de producción, esto en base a planteamiento que estén direccionados en la potencialización de producciones macros en beneficio de todos, como lo sostiene el MAG (2017). Se puede ver que hay varios puntos por mejorar y fortalecer sobre todo en la mejora de plantaciones de calidad que puedan beneficiar a una mayor producción del grano, así como también mejorar las estrategias de comercialización para obtener las ganancias necesarias.

¿Según su criterio se está produciendo más café, pero con bajos precios?

En relación con esta interrogante existen buenas perspectivas que el café ecuatoriano siga mejorando su precio hasta llegar a lo que se cotiza en mercados internacionales, aunque muchas veces el cambio climático desorienta la motivación de muchos caficultores que se puedan presentar situaciones o eventos catastróficos naturales donde la producción no pueda salir para su consumo y comercialización.

Análisis

La problemática que afronta el sector caficultor en cuanto a la baja de precios es una situación alarmante ya que la disminución de los precios a nivel internacional está afectando a todos los productores a nivel mundial, en especial en Ecuador, debido a los altos costos de producción, poniendo en riesgo la sostenibilidad de este sector. Para ello se deben buscar soluciones logrando que el sector sea más competitivo, implementando mayor tecnología y mejoras en la calidad del producto que les permita ser competitivos en el mercado.

¿En la reciente pandemia cuál fue el escenario que enfrentaron?

Se considera que es un escenario donde nadie estaba preparado, la matriz productiva del Ecuador se afectó en gran parte, en la provincia de Manabí se golpeó muy fuerte al sector cafetalero, ya que las demandas son muy amplias y los que comercializan este producto demandan del gobierno acciones conjuntas que generen confianza en esta clase trabajadora importante para el desarrollo

sostenible de este sector y fundamental en los comercializadores.

Análisis

La pandemia generó grandes pérdidas, pero a la vez un desafío, que a través de un sentido de resiliencia se pueden construir nuevas representaciones de cambio mejorando el enfoque de producción y comercialización, pues en la caficultura se requiere de cambios transformadores, es decir, los gobiernos de turnos deben direccionar políticas de desarrollo para seguir aportando con ideas y acciones de innovación en el dinamismo de sus economías.

En la zona rural de San Plácido se sigue incrementando la producción y a raíz de la pandemia varios aspectos fueron desacelerando el precio, por la poca actividad y confinamientos que se dieron de forma obligatoria para salvaguardar la vida de los habitantes, y en especial en esta zona su afectación para comercializarlo tuvo muchas repercusiones económicas para el sector caficultor.

En contraste con las investigaciones que se plantearon relacionadas a la comercialización y diagnóstico del café, se puede considerar que esta práctica ha tenido un retroceso dentro de los últimos años, ya que, esta información evidencia un claro panorama de cómo se ha dado una disminución en la comercialización del producto, del cual dentro del diagnóstico realizado se conocieron varios aspectos fundamentales a la hora de puntualizar las observaciones del caso. Las ventajas que demanden este sector deben verse reflejadas dentro de la visión que mantengan y en las estructuras económica de desarrollo (Aragón-Gutiérrez *et al.,* 2013).

Para Flores (2015), la combinación entre lo más destacado de la comercialización del café se evidencia por sus beneficios económicos, sociales y ambientales donde con ello genera incentivos en la competitividad y crecimiento del agro. Las técnicas que se emplearon certificaron la validez de este trabajo dentro del estudio al área intervenida sobre la importancia de la comercialización del café en la parroquia San plácido, y por ende conocer varios aspectos desde su semilla y los referentes procesos donde lo interesante que existe un gran porcentaje de familias dedicadas a esta actividad donde obtienen réditos de ganancia importante para la estabilidad de sus hogares.

Según el aporte de Freire (2017), la facultad que presente un país sobre una absoluta ventaja en la elaboración de un producto constituye en crear un producto de manera básica para con ello obtener el mismo bien. En este mismo sentido el BCE (2019), informa que en los últimos años se ha visto una disminución del precio del café; por los altos costos y escasez de mano de obra, las condiciones climáticas con fenómenos naturales, y lo más preocupante la falta de capacitación a los caficultores.

La naturaleza dentro del proceso que genera la producción agrícola en relación con el café, permite como fin la identificación de actividades individuales como costos fundamentales (Torres *et al.,* 2017).

Por otro lado, cabe resaltar la importancia de este diagnóstico y el aporte que genera a la provincia de Manabí en relación al PIB, del cual en esta discusión se hace posible contrastar información que conduzca a la relevancia que el sector cafetero está tomando impulsando con ello vías de desarrollo económica dentro de las familias campesinas.

Los esfuerzos constantes que hace el gobierno de Ecuador en la producción del café, en las áreas rurales, demandan acciones y herramientas para el desarrollo económico dentro de las necesidades de los agricultores (Pizarro-Imaicela *et al*., 2016). Ante esto, la situación de comercialización del café en Manabí; gradualmente se están evidenciando los primeros bloques de resultados, aunque el camino siga siendo no tan estable pero lo importante es que ya se piense con direccionar nuevas estrategias y sobre todo que la comunidad se empodere de más conocimientos en lograr mejores formas de cultivo para obtener un producto orgánico de calidad y con sello para una exportación hacia ese futuro próspero en la provincia de Manabí (Santistevan Méndez *et al.,* 2014).

Esta investigación valida un gran referente con espacios críticos y reflexivos, para nuevas y futuras investigaciones relacionadas con esta actividad, que de por si es de gran relevancia para la parroquia San Plácido que apuesta en ella su potencial de desarrollo en aspecto económicos. Sin embargo, hay que acotar que también se corren grandes riesgos para la obtención del producto, entre ellos la condición climática, condiciones de cultivo y sobre todo el papel de la comercializadora, y otros factores que pueden generar riesgos en su producción, por ello es importante mejorar su tecnología de producción con renovación de cafetales de manera paulatina, y en alternancia con ello mejorar el rendimiento y la calidad del grano, asimismo, dar mantenimiento al cafeto con podas de floración y de fructificación, y utilizar la poda de sombra para reducir la presencia de enfermedades, además de incorporar la fertilización orgánica. También se debe tener en cuenta una mejora en cuanto a infraestructura y equipo básico, ya que implementar equipos tecnológicos como una despulpadora podría agregar valor y dejar de vender café en cereza, y evitar el riesgo de fermentación y manchado del grano.

CONCLUSIONES

La práctica del cultivo del café constituye el quehacer comercial como un eje y potencial de desarrollo para las economías campesinas de San Plácido pero es importante puntualizar que, aunque existan niveles de porcentaje en la atención a este sector importante dentro de la matriz productiva y económica del país, aun desde las esferas

gubernamentales no hay un direccionamiento ejemplar con políticas claras que tengan la capacidad y definición en la forma indispensable en la comercialización, y sobre todo el apoyo a las zonas rurales sobre técnicas que permitan fortalecer y mejorar los cultivos del café.

Es fundamental que los cultivadores del café admitan la necesidad de fortalecer esta práctica mejorando sus cultivos, esto es tan esencial porque si no se logra afianzar el proceso, puede que el negocio presente un decaimiento fatal hasta llegar al punto que se pierda el oficio. Además, es necesario que con ello se lidere un plan de concientización para así generar un cambio trascendental en mejoras para el futuro de la parroquia San Plácido

Es necesario que dentro de las funciones que el estado desarrolla en materia política agraria, debe enfocarse bajo una proyección en contextos innovadores en fortalecer y mejorar los cultivos, y así la parroquia San Plácido impulse un plan de desarrollo visionario y ejemplar para otras zonas rurales en la tecnificación del cultivo a través de las capacitaciones, tanto para productores como a las empresas que comercializan el producto generando con ello condiciones productivas a esta importante actividad en el plano agrícola.

LITERATURA CITADA

Alarcó López, A. 2011. Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (Coffea arabica L.) en el sur de Ecuador. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. Agrónomos (UPM) [antigua denominación], Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Aragón-Gutiérrez, C., Montero-Simó, M. J., Araque-Padilla, R. Á., y Gutiérrez-Gutiérrez, L. 2013. Evaluación del valor percibido en el consumo de café con atributos éticos. Agrociencia, (47):195–207.

BCE (Banco Central de Ecuador). 2019. Reporte de coyuntura. Sector agropecuario, No 91-IV-T, Recuperado de https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201804.pdf.

BCE (Banco Central de Ecuador). 2018. Reporte de Coyuntura sector agropecuario. Publicaciones Económicas. No 91. Octubre. ISSN 1390-0579. Ecuador. Recuperado de: www.bce.fin.ec

Barrera, V. 2018. Diagnostico agro socioeconómico. Quito: Disponible en Iniap.ile:///C:/Users/DELL/Downloads/iniapscbcr15d.pdf

Cabrera, A. 2014. Metodología para la carectización y tipificación de cafetales. Santa Fé de Bogota, Colombia: Asociación de Cafetaleros de Colombia.

Flores, F. 2015. La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector -agrícola de Chiapas. Espacio 4(7): 175-194.

Freire, M. 2017. Cuestiones básicas de macroeconomía aplicada. Madrid: ESIC.

Duicela, L. A. D., Soto, M. E. M., Solórzano, R. G. L., Díaz, A. T. M., Cedeño, A. M. G., Monroy, C. R., & Villafuerte, W. P. C. 2018. Gestión del conocimiento e innovación organizacional para reactivar la cadena productiva del café robusta, Ecuador. Revista ESPAMCIENCIA, 9(1): 61-72.

López, C. y Arévalo, L. 2019. Del marketing ecológico al greenwashing: una mirada en escenarios comerciales colombianos e internacionales. Ciencias Económicas, 1: 9-37.

Machado, M. y Ríos, L. 2016. Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores. Revisión sistemática. Idesia Arica, 34(2): 15-23.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017. Informe al congreso cafetalero. Obtenido de http://www.mag.go.cr/informacion/imagenesnama-cafe-taller/Inf-cafe-Congreso-Cafetalero-2017.pd

Ocampo, A. y Álvarez, A. 2017. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. Apuntes CENES 36 (64): 139-165. http://orcid.org/0000-0002-6394-977.

OIC (Organización Internacional del Café). 2016. Informe del mercado de café- febrero 2016. Aumenta el consumo mundial de café, pero los precios siguen bajos. Londres: OIC

OIC (Organización Internacional del Café). 2019. Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero 2019 sumario ED 2318/19. http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318c-overview-flagship-report.pdf

Pizarro-Imaicela, J. C., Barrezueta-Unda, S., & Prado-Carpio, E. 2016. Análisis de canales de comercialización y consumo de café (*Coffea arábica*) en la ciudad de Machala, Ecuador. Revista Caribeña de Ciencias Sociales, (05).

Ponce, L.; Acuña, I. y León, L. 2018. La gestión pública en la reactivación de la caficultura sobre bases agroecológicas en Manabí, Ecuador. Avances, 20(2): 167-177. Recuperado de http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/344/1248

Romoleroux, K. 2019. Caracterización de los sistemas agro productivos de la parroquia Lloa. Obtenido de Universidad Central del Ecuador:

http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8774/1/T-UCE0004-02.pd

Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., & Tuesta Hidalgo, O. 2014. Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). Ecología Aplicada, 13(2):187-192.

Sezer, B., Apaydin, H., Bilge, G., y Boyaci, I. H. 2018. *Coffee arábica* adulteration: Detection of wheat, corn and chickpea. Food Chemistry, 264:142–148. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.037

Tirado, R. 2019. Teorías y conceptos para analizar las organizaciones gremiales de empresarios. Revista mexicana de Sociología. 77 (3): 467- 495.

Toci, A. T., Farah, A., Pezza, H. R., y Pezza, L. 2016. Coffee Adulteration: More than Two Decades of Research. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 46(2):83–92.

Torres, E.; Vera, R.; Manzano S.; 2017. Valoración del proceso de tecnificación de producción en sector cafetero, norte de Santander. Ciencias Económicas y empresariales. 17 (1): 97- 108.

Vaca, L.; Suarez, K. y Velázquez, I. 2016. Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 4(2): 120-129.

Valverde, B. R., Méndez, C. A., y Tlamani, H. J. 2006. La comercialización de café en una comunidad indígena: estudio en Huehuetla, Puebla. Ra Ximhai: Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 2(2):293-318.

Vanegas, S.; Orellana, D.; Pérez, P. 2018 La realidad ecuatoriana en la producción de café. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. 2 (2):72-91.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

BIOLOGÍA DEL ÁCARO *Tetranychus urticae* Y SU CONTROL UTILIZANDO CANELA, EN PLANTAS DE *Rosa* spp

BIOLOGY OF THE MITE *Tetranychus urticae* AND ITS CONTROL USING CINNAMON IN *Rosa spp* PLANTS

Paola Manoella Andrea Rodulfo Acuña[1], Bárbara Mercedes Nienstaedt Arreaza[2], Rafael Edger Ramon Mejias Herrera[3], Pedro Isaías Terrero Yepez[1], Sofia Lorena Peñaherrera Villafuerte[4]

[1]Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Programa Nacional de Banano, Plátano y otras Musáceas, km 5 vía Quevedo-El Empalme, Cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador.
[2]Consultor privado. Venezuela
[3]Escuela de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Av Universidad, Maracay Edo. Aragua, Venezuela
[4]Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal km 5 vía Quevedo-El Empalme, Cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador

Email: paolamanoella@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
06/06/2022

Aceptado:
28/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):34-39

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.276

Resumen

Se evaluó la efectividad en condiciones de laboratorio de la Canela (*Cinnamomum verum*) sobre el ácaro *Tetranychus urticae*. Esta especie es de gran preocupación a nivel económico debido a que afecta todo tipo de cultivos como hortalizas, frutales, y ornamentales. El daño consiste en la remoción del contenido celular, quedando la célula prácticamente vacía. *T. urticae* ha presentado problemas de resistencia a diversos químicos, por ello se han buscado alternativas para disminuir su población en los cultivos. Una de ellas, la utilización de productos botánicos para ello se realizó una investigación en condiciones de laboratorio evaluando el efecto de la canela en diferentes presentaciones contra el ácaro. Los tratamientos estuvieron conformados por: T1 agua (5 mL), T2 a base de canela en polvo (1 g) T3 infusión de canela (5 mL) T4 Abamectina (Vertimec®) 0,6 mL; T5 extracto etanólico de canela (5 mL al 5%) y T6 testigo sin aplicación. Se registró una mortalidad en hembras y huevos después de 24 horas de: canela en polvo 11,66 ±11,69; 6,66 ± 2,58; canela en infusión 60,00 ±14,1; 36.66 ± 14.024; extracto etanólico 38,33 ±16,02; 7,50 ± 6,89; agua 20,00 ± 14,14; 0,00 ± 0,00; Abamectina 46,667 ± 20.65; 5,00 ± 3,16. El testigo obtuvo 0% de mortalidad tanto en hembras como huevos. Para el ensayo del ciclo biológico el tiempo total de desarrollo del ácaro fue de 11,01 ± 0,69 presentando en el estado de huevo 5,11 ± 0,60; estado larval 2,18 ± 0,46; protoninfa 1,96 ± 0,44 y deutoninfa 1,75 ± 0,43. El tratamiento que obtuvo el mayor porcentaje de mortalidad fue el representado por la canela en infusión. Estos hallazgos son una herramienta muy importante para mantener los umbrales de infestación de *T. urticae*

Palabras clave: biología, manejo integrado, extractos vegetales, tetranychidae, control.

Abstract

The effectiveness under laboratory conditions of Cinnamon (*Cinnamomum verum*) on the *Tetranychus urticae* mite was evaluated. This species is of great economic importance because it affects all types of crops such as vegetables, fruit trees, and ornamentals. The damage consists of the removal of the cellular content, leaving the cell practically empty. *T. urticae* has presented resistance problems to various chemicals, which is why alternatives have been sought to reduce its population in crops. One of them, the use of botanical products, for this, an investigation was carried out in laboratory conditions, evaluating the effect of cinnamon in different presentations against the mite. The treatments were made up of: T1 water (5 mL), T2 based on cinnamon powder (1 g) T3 cinnamon infusion (5 mL) T4 Abamectin (Vertimec®) 0.6 mL; T5 ethanolic extract of cinnamon (5 mL at 5%) and T6 control without application. A mortality in females and eggs was registered after 24 hours of: cinnamon powder 11.66 ±11.69; 6.66 ± 2.58; infused cinnamon 60.00 ±14.1; 36.66 ± 14.024; ethanolic extract 38.33 ±16.02; 7.50 ± 6.89; water 20.00 ± 14.14; 0.00 ± 0.00; Abamectin 46,667 ± 20.65; 5.00 ± 3.16. The control obtained 0% mortality in both females and eggs. For the biological cycle test, the total development time of the mite was 11.01 ± 0.69, presenting in the egg state 5.11 ± 0.60; larval stage 2.18 ± 0.46; protonymph 1.96 ± 0.44 and deutonymph 1.75 ± 0.43. The treatment that obtained the highest percentage of mortality was the one represented by cinnamon infusion. These findings are a very important tool to maintain *T. urticae* infestation thresholds.

Keywords: Biology, Integrated management, plant extracts, Tetranychidae, Control.

INTRODUCCIÓN

Las plantas están constantemente sometidas a la combinación de estreses bióticos y abióticos; las plagas y enfermedades forman parte de este complejo. La mayoría de los estudios sobre las interacciones entre plantas y artrópodos se han centrado en los insectos. Sin embargo, los ácaros (*Chelicerata, Arachnida, Acari*) también utilizan las plantas como fuente de alimento, causando daños significativos y pérdidas de rendimiento. Entre los ácaros fitófagos, la familia (Tetranychidae) es considerada la más importante con cerca de 1300 especies descritas en alrededor de 77 géneros. De estos, aproximadamente el 10% se alimentan de plantas (Vacante, 2015). Particularmente, la arañita roja *Tetranychus urticae* Koch, es considerada una seria limitante en la producción agrícola debido al amplio rango de hospederos, su corto ciclo de vida, una alta producción de descendencia y a la notable capacidad para desarrollar resistencia a los pesticidas (Santamaria *et al*., 2020).

Los ácaros se encuentran principalmente en el envés de las hojas. Dependiendo de la especie y el nivel de infestación pueden ocupar ambas superficies de la hoja. Mediante el proceso de alimentación, con su aparato bucal extraen el contenido de las células vegetales, produciendo el amarillamiento y bronceado de las hojas, el cual representa el daño (Puspitarini *et al*., 2021).

La dinámica poblacional de este ácaro varía con las condiciones ambientales existiendo correlación entre *T. urticae* con factores ambientales como la temperatura, humedad, luz solar y velocidad del viento (Bamel & Gulati, 2021). Mediante el estudio de su biología se puede conocer y entender algunos de sus aspectos poblacionales, lo cual puede brindar herramientas para el control o manejo en cultivos agrícolas, entre ellos las ornamentales (Xu *et al*., 2018; Bamel & Gulati, 2021;).

Las ornamentales del género *Rosa L*., son producidas mundialmente y en muchas áreas las pérdidas en cantidad y calidad causadas por *T. urticae* Koch son significativas, incrementado los costos de producción y reduciendo las posibilidades de exportación principalmente porque el daño originado es estético, al causarlo en la flor cortada (Chacón-Hernández *et al*., 2018).

La estrategia para el control en ácaros es principalmente mediante el uso de productos químicos, lo cual representa riesgos tanto para los operadores como para el medio ambiente debido a su uso indiscriminado. Esto hace necesario la búsqueda de medidas alternativas de control como extractos vegetales, jabones, aceites, entre otros productos botánicos. Muchas de estas sustancias proporcionan una alta eficacia a menor costo e indiscutiblemente su manejo es más seguro al compararlos con plaguicidas de síntesis (Agut *et al*., 2018).

Entre estos productos naturales encontramos la canela (*Cinnamomun zeylanicum*). Este es un árbol perenne de tamaño mediano, originario del sur de Asia y perteneciente a la familia Lauraceae, que está aclimatado en otras regiones tropicales del mundo (de Rosamel & Heinrichs, 2020; Hurtado *et al*., 2020). Con el fin de implementar medidas de manejo para la arañita roja se evaluó algunos aspectos de la biología del ácaro, además del uso de la canela en diferentes presentaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de la colonia de *T. urticae*

La población de *T. urticae* con la cual se desarrolló la investigación se estableció sobre plantas de rosas ubicadas en el Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Aragua, para la colecta de los ácaros utilizados en el ensayo se realizaron recorridos en las principales zonas productoras, seleccionando veinticinco plantas al azar de las cuales se tomaron tres hojas por tallo, durante seis meses. Las hojas se colocaron en bolsas plásticas, previamente identificadas, envueltas en papel absorbente, y se transportaron en cavas de refrigeración al laboratorio de acarología (acarario), donde se almacenaron a 10°C, llevándose registros de presencia de ácaros de importancia para el cultivo y realizando la identificación mediante las principales características de la especie, una vez identificados los ácaros estos se colocaban sobre las plantas de rosas dispuestas en el área de ácarologia para la realización de este ensayo.

Algunos aspectos de la biología del ácaro *Tetranychus urticae*

Los aspectos relacionados con la biología de *Tetranychus urticae* fueron estudiados bajo condiciones de laboratorio de 24,5°C y 46,85% H.R, empleando la técnica modificada descrita por Siegler (1974) y Gilstrap *et al*. (1977). Una vez obtenida la colonia de ácaros se realizó el ensayo, el cual estuvo conformado por 60 (arenas), unidades de cría compuestas por cajas de petri plásticas de 8,8 cm de diámetro por 1,2 cm de espesor, (Figura 1) dentro de las cuales se ajustaron almohadillas circulares de poliuretano con 0,5 cm de espesor. En cada arena se colocó un foliolo de la hoja de rosa, con el envés hacia arriba rodeándolas con bandas de algodón para evitar el escape de los ácaros, luego se saturó con agua para mantener la turgencia de la hoja. Con la ayuda de un pincel de disección (triple cero) se colocó sobre el foliolo una hembra adulta fecundada proveniente de la colonia.

Cada tres horas se hicieron observaciones para verificar la oviposición, hasta obtener dos huevos por arena. Luego se eliminó la hembra, el huevo ó la larva sobrante en cada arena. Las observaciones de los diferentes estadios se

realizaron en intervalos de (24) horas bajo binocular estereoscópico, para así registrar todas las características en cada uno de los estados de desarrollo.

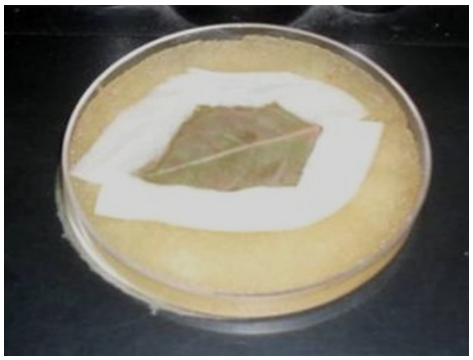


Figura 1. Arena de cría para hembras y huevos de *Tetranychus urticae*

Determinación de los efectos de la canela sobre *Tetranychus urticae* en plantas de rosa

Cada tratamiento estuvo conformado por seis unidades de cría, en estas se colocaron diez hembras fecundadas y veinte huevos. Estructuralmente las arenas estuvieron conformadas por bandejas de poliestireno expandido (25 x 15 x 3 cm^3) dentro de las cuales se ajustaron almohadillas de poliuretano con 0,5 cm de espesor, sobre las cuales se colocaron las hojas de rosa con el envés hacia arriba, estas fueron rodeadas con bandas de algodón (Figura 2). Los tratamientos descritos en el cuadro 1 fueron aplicados con una asperjadora manual (a excepción de la canela en polvo), a manera de crear una lluvia ligera como aspersión sobre cada arena, de forma de evitar eliminar a los ácaros por el impacto directo del líquido. Se realizaron observaciones a las 3, 6, 12 y 24 horas posteriores a la aplicación de cada tratamiento. La variable medida fue mortalidad (nº de individuos muertos), tantos en las hembras como en los huevos.

El tratamiento a base de canela en polvo, en el que fue usada como repelente, se aplicó con un tamiz de 250 microns, (para asegurar la uniformidad en la aplicación), la cantidad aplicada fue de 1 g por arena. El tratamiento 3 se preparó mezclando 500 g de canela en rama en 1 L de agua hirviendo, esta se dejó enfriar a temperatura ambiente por 12 horas, luego se filtró el contenido con la finalidad de separar los restos sólidos de la infusión. En el cuarto tratamiento, se evaluó el efecto del insecticida Abamectina (Vertimec®) con dosis de 0,6 mL/L. El tratamiento 5, estuvo conformado por el extracto etanólico de la canela al 5% que se obtuvo según la metodología modificada de D'Anello, K. (2008), que consistió en triturar 200 g de canela en rama macerarlos con 0,8 L de etanol al 100% esta preparación fue vertida y guardada en un envase de vidrio por un periodo de siete días en un lugar protegido de la luz. El macerado se filtró con 4 capas de gasa estéril y fue colocado en el rotovaporador con el fin de separar el extracto del alcohol por destilación, finalmente se obtuvo 20 mL del extracto puro que fue colocado en un frasco color ámbar (identificado) para luego ser refrigerado a 5°C. Y el tratamiento 6 conformado por el testigo.

Cuadro 1. Total, de tratamientos aplicados y dosis en el ensayo

Número	Tratamiento	Repeticiones	Dosis
1	Control (agua)	6	5 mL
2	Canela en polvo	6	1 g
3	Canela en infusión	6	5 mL
4	Abamectina	6	0,6 mL
5	Extracto etanólico	6	5 mL
6	Testigo	6	-

Figura 2. Arenas para evaluar la efectividad de la canela

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Statistix, versión 7, mediante estadística descriptiva. En lo relacionado a los ensayos sobre la eficacia se utilizó el mismo paquete estadístico empleando la prueba Krukal-Wallis para determinar diferencias entre los tratamientos y para la separación de media, se seleccionó la opción prueba de comparación de rangos de media no paramétrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos aspectos de la biología de *Tetranychus urticae*.

La duración promedio del estado de huevo de *T. urticae* fue de 5,11 ± 0,60 días, estos presentaron forma ovalada. Al ser ovipositados exhibieron un color claro casi cristalino y de contextura acuosa, a medida del avance de su desarrollo se tornaron un color más oscuro, también se hizo visible las marcas de los ojos. Los huevos pueden ser colocados tanto en forma aislada como en grupos, generalmente cerca de las nervaduras y en los bordes de las hojas y son adheridos fuertemente a estas. La larva presentó una forma ovalada y blancuzca amarillenta con tres pares de patas, al emerger son de movimientos lentos, con el paso del tiempo se hacen más activas y también es más visible las dos manchas en los costados características de la especie. Antes de mudar la larva entra en un periodo

de reposo (protocrisálida). El tiempo de duración del estado larval fue de 2,18 ± 0,46 días.

La protoninfa es un poco más grande que la larva, unas de las características que determinan este estado es la aparición de un cuarto par de patas. Con respecto a la forma es un poco más alargada y de color amarillo a verdoso. El tiempo de duración de este estado fue de 1,96 ± 0,44 días. En el estado de deutoninfa ocurre la muda de la misma manera que en el estado de larva a protoninfa, los cambios morfológicos visibles radicaron en que esta es un poco más grande que la deutoninfa, también se tornan un poco más oscuras y las manchas de los costados se hacen más visibles, en este estado se puede diferenciar bien los sexos, ya que la forma de la hembra es más redondeada y grande mientras que el macho presenta el cuerpo un poco más ahusado y de un coloración más clara, el tiempo de desarrollo fue de 1,75 ± 0,43 días siendo el tiempo más corto de los diferentes estados estudiados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estadios de desarrollo promedio del ácaro *Tetranychus urticae* en rosa

Fases de desarrollo	Tiempo (días)
Huevo	5,11 ± 0,60
Larva	2,18 ± 0,46
Protoninfa	1,96 ± 0,44
Deutoninfa	1,75 ± 0,43
Total	11,01 ± 0,69

El tiempo requerido para el desarrollo de *T.urticae* desde el estado de huevo hasta adulto es de 11,01 ± 0,69 días; como se observa en el (Cuadro 2). Este resultado es similar al encontrado en otros estudios, como el realizado por Gallardo *et al*. (2005), quienes evaluaron el ciclo biológico de *T urticae* en pimiento a una temperatura de 27°C demostrando que el tiempo de desarrollo completo fue de 8,2 días. En el estado de huevo el tiempo requerido fue de 2,7 días, larva 1,8 y ninfa 3,7 días.

El ciclo biológico (huevo-adulto) de *T. Urticae* fue estudiado por Pazmiño *et al*. (2018) en hojas de fresa pertenecientes a diferentes variedades. Los resultados arrojaron diferencias relacionadas con el efecto del sustrato de cría, siendo el tiempo de desarrollo significativamente más corto cuando fue criado sobre discos de hoja de fresa variedad Festival, el cual fue 14,0% menor que en la variedad San Andreas.

Estudios realizados por Abou-Elella & Abdel-Khalek, (2020) demostraron que el ciclo de vida *T.urticae* puede variar de acuerdo al hospedero y la calidad de la planta, afectando su supervivencia. Tanto los machos como las hembras de *T. urticae* se desarrollaron con éxito de huevo a adulto en diferentes plantas hospederas. Los resultados revelaron que la tasa de supervivencia varió del 53 % en los cultivares de guisantes regulares al 99% en los cultivares de frijol G6. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto estuvo significativamente influenciado entre los cultivares de plantas hospedantes probados y varió de 9,75 días en frijol G6 a 20,42 días en guisante regular. En consecuencia, los parámetros de crecimiento de la población también fueron significativamente influenciados por diferentes plantas hospederas.

Determinación de los efectos de la canela sobre *Tetranychus urticae* en plantas de rosa, bajo condiciones de laboratorio.

El tratamiento más efectivo estuvo conformado por la canela en infusión, con una mortalidad a las 3 horas de observación de 41,66 ± 7,57, (Cuadro 3), demostrando un efecto inmediato ya que las hembras murieron después de la aplicación (Figura 3). Posteriormente se pudo observar el aumento de la mortalidad hasta llegar a las 24 horas con un 60,00 ± 14,04. Con respecto a los huevos de *T. urticae* al igual que en las hembras el tratamiento en infusión fue el que alcanzó mayor control, con una mortalidad de 36,66 ± 14,2 a las 24 horas. Cambios como la coloración en los huevos comenzaron a notarse a partir de las 9 horas de observación tornándose cada vez más oscuros, y al igual que en las hembras el efecto final mostraba daños sobre su superficie.

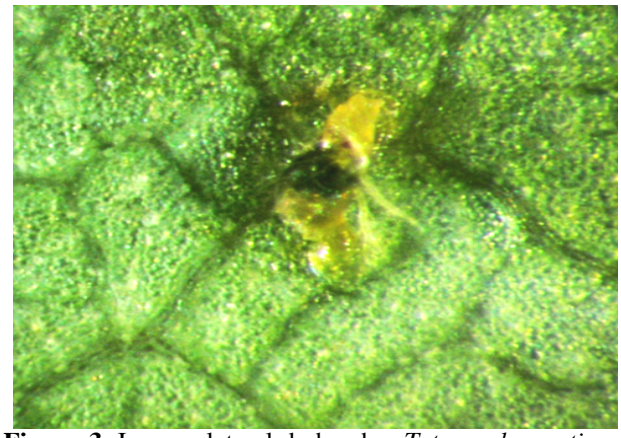


Figura 3. Imagen lateral de hembra *Tetranychus urticae* posterior a la aplicación del tratamiento canela en infusión

Fernández *et al*. (2015) realizaron evaluaciones donde midieron el efecto de productos comerciales a base de canela y otros componentes en la mortalidad sobre el ácaro *Oligonychus perseae*, una de las principales plagas en aguacate (*Persea americana* Mill) mostrando resultados prometedores. El producto Cinamite a base de canela alcanzó una eficiencia del 81%, después de 21 días de la primera aplicación, y una eficacia del 93%, tras 21 días de una segunda aplicación, reafirmando el efecto que tiene *Cinnamomum zeylanicum* como acaricida.

El porcentaje de mortalidad en el caso de la canela en polvo fue 11,66 ± 11,69; este se registró en el transcurso de las primeras tres horas, en las siguientes observaciones, las hembras cubiertas con las partículas de la canela no mostraron ningún tipo de síntoma de intoxicación como hiperexcitación o repulsión. Cabe destacar que el producto no posee efecto letal sino de repelencia, el efecto de la canela en polvo para los huevos, registró una mortalidad de 6,66 ± 2,58, a partir de las 12 horas, esto fue presumiblemente por deshidratación.

Para el tratamiento conformado por el extracto etanólico de canela, la mayor mortalidad en hembras fue registrada a las 3 horas con un porcentaje de 38,33 ±16,2 (Figura 4) y para el caso de los huevos alcanzó una mortalidad de 7,50 ± 6,88 a las 24 horas (Figura 5), se puede inferir que el resultado de baja mortalidad, pudo ocurrir ya que los compuestos activos que se encuentran en la corteza de la canela y que actúan como tóxicos para otros organismos son solubles en el agua, no obstante el solvente utilizado en este tratamiento fue el etanol, esto pudo haber impedido la liberación de los metabólitos e ingredientes activos de la canela en el etanol, limitando su efecto sobre la plaga.

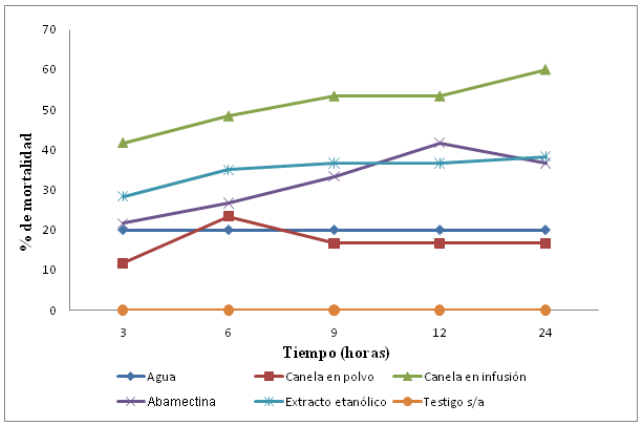


Figura 4. Porcentaje de mortalidad por tratamiento y tiempos de observación a las 3, 6, 9, 12 y 24 horas para *Tetranychus urticae*.

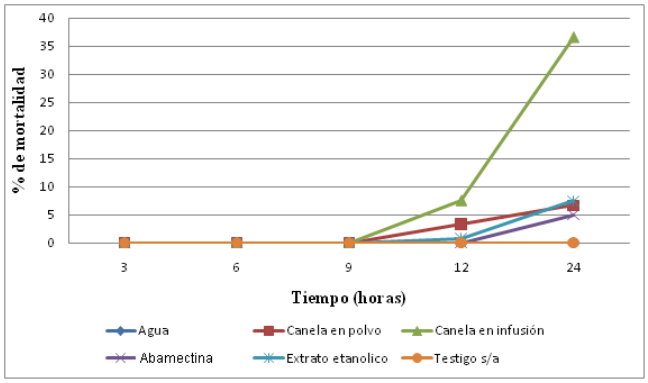


Figura 5. Porcentaje de mortalidad por tratamiento y tiempos de observación a las 3, 6, 9, 12 y 24 horas para *Tetranychus urticae* en estado de huevo.

En el tratamiento a base de abamectina (Vertimec®) el porcentaje de mortalidad en hembras registrado a las 24 horas fue de 46,66 ± 20,65 este presentó residualidad, dado que las hembras murieron en un tiempo progresivo, el porcentaje para los huevos fue de 5,00 ± 3,16; estas cifras relativamente bajas se podría atribuir a que la abamectina (Vertimec®) no ejerce un efecto ovicida, este es un grupo de plaguicidas que han reportado desarrollo de bajos a moderados niveles de resistencia en poblaciones de *T. urticae*.

CONCLUSIONES

El tiempo requerido para el desarrollo de *T. urticae* desde el estado de huevo hasta adulto sobre hojas de rosa, en condiciones de laboratorio fue de 11,01 ± 0,69 días, mientras que el tratamiento conformado por la canela en infusión demostró el mayor efecto acaricida alcanzando un 60% de mortalidad a la única dosis probada, esto representa una alternativa de manejo fácilmente aplicable y con potencial para introducir en todos los sistemas de producción.

LITERATURA CITADA

Abou-Elella, G. M., & Abdel-Khalek, A. A. 2020. Biology and life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on different common pea and bean cultivars. Persian Journal of Acarology, 9(2).

Agut, B., Pastor, V., Jaques, J. A., & Flors, V. 2018. Can plant defence mechanisms provide new approaches for the sustainable control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*? International Journal of Molecular Sciences, 19(2):614.

Bamel, K., & Gulati, R. 2021. Biology, population built up and damage potential of Red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on marigold: A review.

Chacón-Hernández, J. C., Camacho-Aguilar, I., Cerna-Chavez, E., Ordaz-Silva, S., Ochoa-Fuentes, Y. M., & Landeros-Flores, J. 2018. Effects of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae) on the chlorophyll of rosal plants (Rosa sp.). Agrociencia, 52(6):895–909.

de Rosamel, C., & Heinrichs, V. 2020. El gran libro de las especias. Parkstone International.

Fernández, J. J. P., González, S. P., Luis, E. T., & Suárez, E. H. 2015. Efecto de la aplicación de productos naturales en el control de la araña cristalina.

Gallardo, A., Vásquez, C., Morales, J., & Gallardo, J. 2005. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón.

Gilstrap, F. E., Friese, D. D., Summy, K. R., & Armstrong, A. A. 1977. Persistence of *Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis* and *Typhlodromus occidentalis* released in field populations of Banks grass mite on corn. Southwestern Entomologist.

Hurtado, R., Peltroche, N., Mauricio, F., Gallo, W., Alvítez-Temoche, D., Vilchez, L., & Mayta-Tovalino, F. 2020. Antifungal efficacy of four different concentrations of the essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* (Canela) against *Candida albicans:* An in vitro study. Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry, 10(6):724.

Pazmiño, P., Lema, G., Mendoza, D., Velástegui, G., & Vásquez, C. (2018). Parámetros biológicos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) alimentado sobre dos cultivares de fresa en Ecuador. *Bioagro*, *30*(3), 229-234.

Puspitarini, R. D., Fernando, I., Rachmawati, R., Hadi, M. S., & Rizali, A. 2021. Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. International Journal of Acarology, 47(5):381–386.

Santamaria, M. E., Arnaiz, A., Rosa-Diaz, I., González-Melendi, P., Romero-Hernandez, G., Ojeda-Martinez, D. A., Garcia, A., Contreras, E., Martinez, M., & Diaz, I. 2020. Plant defenses against *Tetranychus urticae*: mind the gaps. Plants, 9(4):464.

Siegler, E.H. 1974. Leaf-disk technique for laboratory test acaricides USDA. J. Econ. Entomol. 4(2): 208.

Vacante, V. 2015. The Handbook of Mites of Economic Plants: Identification. Bio-Ecology and Control, 890.

Xu, D., He, Y., Zhang, Y., Xie, W., Wu, Q., & Wang, S. 2018. Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. Pesticide Biochemistry and Physiology, 150:89–96.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

EFICIENCIA AGRONÓMICA DE NITRÓGENO Y RENDIMIENTO DE MAÍZ AMARILLO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL EN ÉPOCA SECA

AGRONOMIC EFFICIENCY OF NITROGEN AND YIELD OF YELLOW CORN WITH ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION IN DRY SEASON

Jonathan López Bósquez[1, 2], Gregorio Vásconez Montufar[3], Manuel Carrillo Zenteno[4], Christian Durán Mera[5]

[1]Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, El Pital #2 km 3,5 Av. Valencia, Quevedo Los Ríos Ecuador
[2]Universidad Técnica Estatal de Cotopaxi, extensión La Maná Facultad de Ciencias Agropecuarias, Av. Almendros y Pujilí La Maná, Cotopaxi, Ecuador.
[3]Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Manuel Haz Álvarez, Av. Quito km. 11/2 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - Estación Experimental Tropical Pichilingue. Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador
[5]Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Agrarias, Guayas, Guayaquil, Ecuador.

Email: jonth.lopz@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
06/06/2022

Aceptado:
28/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):40-47

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.276

Resumen

El maíz (*Zea mays*) es un cereal de gran importancia para la seguridad alimentaria humana y animal. Los rendimientos están condicionados por factores genéticos y nutricionales, en especial de nitrógeno (N), la aplicación incorrecta puede afectar el rendimiento del grano o causar daños ambientales. En esta investigación se estudió el efecto de dos híbridos comerciales de maíz duro amarillo por dosis de nitrógeno y el rendimiento del grano. Este trabajo fue realizado durante los meses de junio a noviembre del año 2019, en los predios de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), perteneciente al cantón Mocache de la provincia de Los Ríos. Se evaluaron dosis de 0, 69, 138, 207 y 276 kg.ha^{-1} de nitrógeno. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un lote de 1440 m^2, diseñado en bloques completos al azar en parcelas divididas, con tres repeticiones y doce tratamientos. Las variables fueron sometidas al análisis estadístico y se utilizó el análisis de varianza para determinar la interacción híbridos por nitrógeno, las medias de cada tratamiento se compararon mediante la prueba de Tukey ($p>0.05$). El híbrido de alto rendimiento H2, expresó su potencial productivo con las dosis evaluadas de N; sin embargo, dosis superiores a 69 kg.ha^{-1} de N no son necesarias para este híbrido al tener un mismo comportamiento en su rendimiento de grano.

Palabras clave: maíz, nitrógeno, dosis, eficiencia, rendimiento

Abstract

Maize (*Zea mays*) is a cereal of great importance for human and animal food security. Yields are conditioned by genetic and nutritional factors, especially Nitrogen (N), incorrect application can affect grain yield or cause environmental damage. In this research, the effect of two commercial hybrids of hard yellow maize by nitrogen dose and grain yield was studied. This work was carried out during the months of June to November of the year 2019, in the premises of the Pichilingue Tropical Experimental Station at the National Institute of Agricultural Research (INIAP), belonging to Mocache canton, Los Ríos province. Doses of 0, 69, 138, 207 y 276 kg.ha^{-1} of nitrogen were evaluated. For the development of the research, a plot of 1440 m2 was used, designed in complete blocks at random in divided plots, with three repetitions and twelve treatments. The variables were subjected to statistical analysis and the analysis of variance was used to determine the interaction between hybrids and nitrogen, the means of each treatment were compared using Tukey's test ($p>0.05$). The high-yield hybrid H2 expressed its productive potential with the evaluated doses of N; however, doses higher than 69 kg.ha^{-1} of N are not necessary for this hybrid as it has the same behavior in its grain yield.

Keywords: maize, nitrogen, dose, efficiency, yield

INTRODUCCIÓN

El maíz (Zea *mays*) es el cultivo de mayor importancia en el mundo desde el punto de vista social y económico, junto con el arroz y trigo abastecen alrededor del 50% de la alimentación global. Es cultivado casi en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, Estados Unidos junto con China producen más del 50% de la superficie sembrada, este último representa la mayor superficie sembrada en el mundo con 42 millones de hectáreas según datos de (FAO, 2018). Estados Unidos lidera los rendimientos con promedios de 11 $t.ha^{-1}$, lo cual indica que obtienen rendimientos sobre las 20 $t.ha^{-1}$ de grano (Cervantes, 2018).

En Ecuador, el maíz duro amarillo se encuentra dentro de los rubros agrícolas de importancia económica, debido a su participación principalmente en la elaboración de balanceados para el consumo animal. De acuerdo con las estadísticas, en el litoral ecuatoriano se encuentra concentrada la mayor producción de maíz amarillo duro, se estima una superficie sembrada de 334.670 ha de maíz con un rendimiento promedio de 4 a 5 $t.ha^{-1}$ y una producción anual de 1,6 millones de toneladas métricas, siendo las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas las que destinan mayor área para el cultivo de maíz. Destacándose Los Ríos con la mayor participación en superficie sembrada con el 38% a nivel nacional equivalente a 129.101 ha, así mismo su producción es superior contribuyendo con el 44%, es decir 648.000 t de producción total de grano seco (INEC, 2020).

García (2014), menciona que en maíz los altos rendimientos están determinados por el número final de granos conseguidos por hectárea. Por lo que, para alcanzar este potencial el cultivo debe lograr un excelente estado fisiológico en floración el cual está en función a la tasa de crecimiento; por lo que la planta debe alcanzar una cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de biomasa por la radiación interceptada.

La fertilización es el componente de mayor influencia en la producción de maíz y el nitrógeno es el nutriente de mayor demanda y el más limitante para este cultivo. La correcta recomendación de la dosis de fertilización mejora la eficiencia de los fertilizantes y reduce los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas (González *et al*., 2016). Por otra parte, los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o rendimiento adecuado, por ello se debe recurrir al empleo de fertilizantes. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de alta fertilización, especialmente de nitrógeno para obtener buena producción (García *et al*., 2009).

Las evidencias científicas demuestran la importancia del nitrógeno como un elemento nutritivo que controla la producción primaria en un sistema agrícola y que a su vez es el más limitante para la producción de cultivos. Su uso inadecuado ha afectado severamente su ciclo causando pérdidas de N a través de las vías de nitrificación, lixiviación y volatilización (Fagodiya *et al*., 2020).

Dentro de los nutrientes que necesita el maíz, el nitrógeno (N) es el más acumulado, su aplicación en dosis adecuadas posibilita aumentos significativos del rendimiento (cuando otros factores limitantes de la producción son controlados), sin generar impactos ambientales por la aplicación excesiva de dicho nutriente (Sadeghi *et al*., 2018).

Torres *et al*, (2018), destacan al nitrógeno como el elemento mineral esencial que las plantas requieren en mayor cantidad, en dependencia de la especie, fase de desarrollo y órgano. En el proceso de asimilación mineral, el nitrógeno se incorpora como constituyente de muchos componentes celulares, entre los que se incluyen los aminoácidos, las proteínas y los ácidos nucleicos, por lo que juega un rol vital en el crecimiento de las plantas y su deficiencia rápidamente inhibe el crecimiento vegetal. Al ser constituyente de la síntesis de clorofilas, el síntoma característico de la deficiencia nitrogenada en las plantas es la clorosis de las hojas especialmente las más viejas, cercanas a la base de las plantas al ser movilizado hacia las hojas jóvenes.

Varios estudios destacan al uso de fertilizantes orgánicos entre ellos al vermicompost como una alternativa excelente para mejorar la estructura del suelo, siendo ideal para un mejor crecimiento y rendimiento de las plantas y un agente de control biológico que lo convierte en amigable y ecológico, mejorando sus características agronómicas, independientemente del contenido de nutriente (Rakesh *et al*., 2014). Por lo que la búsqueda de alternativas orgánicas que sustituyan a la fertilización química es una tendencia mundial ante la necesidad de obtener productos agrícolas con un menor costo ambiental (Torres *et al*., 2019).

La nutrición en maíz en el litoral ecuatoriano está basada con el uso de fertilizantes sintéticos para alcanzar los rendimientos promedios (5 $t.ha^{-1}$) en la zona, la problemática se da por la aplicación indiscriminada de fertilizantes minerales, sin realizar un programa de nutrición acorde a la zona, lo que en algunos podría causar la posibilidad de contaminación ambiental a largo plazo, afectando directamente la salud del suelo, al reducir el pH del suelo, disminuir el proceso microbiano, afectar negativamente las propiedades físicas y químicas del suelo, finalmente resulta en bajos rendimientos. Lo que nos lleva a realizar este proyecto de investigación.

El uso adecuado de fertilizantes es beneficioso tanto para la producción de cultivos como para el medio ambiente, los investigadores y productores de fertilizantes han tratado de encontrar formas de lograr el objetivo recientemente definido del uso de fertilizantes, es decir, mejorando la eficiencia del uso de nutrientes fertilizantes y minimizando los impactos ambientales (Kumar *et al*., 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo durante la época seca del año 2019, en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); ubicado en el km 5 vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. La estación se encuentra localizada a una altitud de 75 msnm y posesionada geográficamente en las coordenadas 01°05´24´´ Latitud Sur y 79°28´06´´ Longitud Occidental. La temperatura media anual es de 26°C, 2.224 mm de precipitación, 86% de humedad relativa, 898 horas luz, la clase textural corresponde a un suelo franco, con un nivel de fertilidad descrita en el cuadro 2.

Se evaluó el comportamiento productivo del híbrido de maíz tradicional INIAP-551 (H_1) y el híbrido Emblema (H_2) bajo diferentes dosis de nitrógeno.

Las dosis de nitrógeno mineral fueron 0, 69, 138, 207 y 276 kg.ha^{-1} aplicados a los 15 y 35 días después de la siembra (DDS), en fracciones de 25 y 75% respectivamente. Para el nitrógeno orgánico (Biocompost) se basó en 69 kg.ha^{-1} lo que se logra adicionando 3000 kg.ha^{-1} del fertilizante orgánico comercial, esta dosis fue aplicada en su totalidad 8 días antes de la siembra. La distribución del nitrógeno fue igual en los dos híbridos, aplicado manualmente. A todas las parcelas experimentales se trató con una fertilización general a base de 46 kg.ha^{-1} de P_2O_5, 60 kg.ha^{-1} de K_2O, 54 kg.ha^{-1} de $MgSO_4$ y 44 kg.ha^{-1} de S, como fuentes de súper fosfato triple 46%, muriato de potasio 60% y sulfato de magnesio 26% - 21%.

Se estableció un diseño experimental de bloques completos al alzar distribuidos en parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluaron los híbridos de maíz y en las parcelas pequeñas los niveles de la fertilización nitrogenada, cuyas combinaciones conformaron los 12 tratamientos estudiados con tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales. Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y para determinar si existe diferencias estadísticas los promedios de cada tratamiento fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$).

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos

Tratamientos	Híbridos	Dosis N kg.ha^{-1}
1	H_1	0
2	H_1	69(O)
3	H_1	69
4	H_1	138
5	H_1	207
6	H_1	276
7	H_2	0
8	H_2	69(O)
9	H_2	69
10	H_2	138
11	H_2	207
12	H_2	276

H_1: INIAP-551 **O:** Orgánico
H_2: Emblema

Variables evaluadas

Longitud de mazorca: A la cosecha en diez mazorcas tomadas al azar de cada unidad experimental con una regla graduada en centímetros, se determinó la longitud desde la base hasta la punta de la misma.

Diámetro de mazorca: En las mismas diez mazorcas se registró esta variable en la parte central de la mazorca, con un calibrador tipo vernier, y los datos se expresaron en centímetros.

Peso de cien granos: Se contaron cien semillas y con la ayuda de una balanza electrónica digital con presión de lectura 0.1 g, se determinó el peso y los datos se expresaron en gramos. Previamente se estandarizó la humedad al 13%, por lo que las semillas fueron ubicadas en la estufa a 70^{0}C durante 24 horas.

Rendimiento: Se determinó con su componente peso húmedo de grano cosechado (PHG), en 6 hileras centrales de 3 metros de longitud equivalente a 14,40 m^2 de cada unidad experimental, lo cual se consideró como área de cosecha (AC), se midió el porcentaje de humedad de grano a la cosecha (HG) ajustando el resultado al 13% de humedad el resultado fue expresado en kilogramo por hectárea.

Se calculó utilizando la siguiente fórmula.

$$\boldsymbol{Rendimiento}\left(\frac{kg}{ha}\right) = \frac{PHG\times(100-HG)}{87} * \frac{10000}{AC} \quad (1)$$

Índice de cosecha. Esta variable fue registrada mediante el cálculo de la relación entre la producción en kilogramo por hectárea de peso seco de grano cosechado, respecto a la biomasa seca total expresada en kilogramo.

$$\boldsymbol{IC} = \frac{Peso\ del\ grano\left(kg\frac{MS}{ha}\right)}{Biomasa\ total\left(kg\frac{MS}{ha}\right)} * 100 \quad (2)$$

Eficiencia agronómica

Este parámetro estuvo basado en kilogramos de aumento en la producción (peso seco de grano en tratamiento con nitrógeno menos peso de grano en tratamiento sin nitrógeno) y la cantidad de nutriente aplicado en kilogramo por hectárea (IPNI, 2012).

Donde:
EA = Eficiencia agronómica
R = Rendimiento de la porción cosechada con aplicación de N
R0 = Rendimiento de la porción cosechada sin aplicación de N
CDA= Cantidad del N aplicado.

$$\boldsymbol{EA} = \frac{(R-R0)}{CNA} \quad (3)$$

Cuadro 2. Análisis químico del lote experimental

Criterio	Unidad	Resultado	Valor
pH		5,60	medianamente ácido
Materia orgánica	%	3,60	Medio
NH_4	ppm	13,00	Bajo
P	ppm	47,00	Alto
K	meq/100ml	0,82	Alto
Ca	meq/100ml	8,00	Medio
Mg	meq/100ml	1,2 M	Medio
S	ppm	8,00	Bajo
Zn	ppm	5,80	Medio
Cu	ppm	10,20	Alto
Fe	ppm	135,00	Alto
Mn	ppm	17,10	Alto
B	ppm	1,02	Alto

Fuente: INIAP (2019)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3, se presenta el análisis estadístico realizado en el factor híbridos de maíz, en la longitud y diámetro de mazorca no hubo variación estadística entre los híbridos H_1 y H_2, estos resultados parecen confirmar que los híbridos evaluados en este estudio son genéticamente similares, para estas variables. Del mismo modo que Álvarez *et al*. (2014) describen que no todos los caracteres morfológicos al ser evaluados tienen una respuesta similar, debido a que son dependientes del genotipo que proviene un híbrido de maíz.

El factor dosis de nitrógeno fue significativo para longitud de mazorca, se evidencia el efecto del nitrógeno sobre esta variable ganando en longitud en los tratamientos en que se adicionó este mineral, la diferencia entre tratamientos fue entre la dosis de nitrógeno 276 kg.ha^{-1} con promedio de longitud 14,58 cm mientras que el tratamiento sin nitrógeno y fertilización nitrogenada orgánica obtuvieron los promedios más bajos, este último se atribuye por su estado orgánico, es una fuente de nitrógeno a largo plazo y por lo tanto la disponibilidad no coincide con la velocidad de demanda del cultivo (tasa de absorción), lo que explicaría parcialmente los resultados observados.

El diámetro de la mazorca sobre el factor dosis de nitrógeno presentó diferencias significativas, registrándose los mayores valores promedios con las dosis aplicadas de 207 y 276 kg.ha^{-1} de nitrógeno, resultado que fue influenciado por la importancia de este nutriente en la nutrición mineral en las plantas, lo que le permitió tener una mayor transformación de biomasa, dentro de su metabolismo fisiológico. El efecto fue significativo para el factor híbridos en el peso 100 granos, índice de cosecha y rendimiento de grano.

El híbrido H_2 presenta una mejor respuesta en estas variables excluyendo al peso de 100 granos que fue mayor para H_1, lo cual indica la diferencia entre híbridos de maíz respecto a los componentes de rendimiento (Cuadro 3).

En el mismo cuadro se muestra que el factor dosis de nitrógeno fue significativo para el peso de 100 granos. La aplicación de 207 kg.ha^{-1} de nitrógeno fue suficiente para alcanzar el máximo peso del grano, lo que permitió diferenciarlo con un incremento aproximado de 5,0 gramos con los tratamientos que no se aplicó nitrógeno, así mismo con el tratamiento de nitrógeno orgánico y la dosis más baja de nitrógeno inorgánico adicionado.

El rendimiento del grano fue influenciado por las dosis de nitrógeno, a diferencia del testigo y la fertilización orgánica de nitrógeno, estos resultados posiblemente se deben a la fuente orgánica, que no está disponible para la absorción de las plantas de manera inmediata. Estos resultados son comparados con los que obtuvo Remache *et al*. (2017) sugiriendo que la omisión de nitrógeno o la adición mínima no es suficiente para obtener el potencial genético de rendimiento de un híbrido de maíz, por el efecto directo del nitrógeno sobre estos componentes permitiéndole a la planta la trasformación y la acumulación de grano.

El índice de cosecha muestra las mismas tendencias, siendo estadísticamente diferente para cada uno de las dosis de nitrógeno adicionado. El mayor porcentaje de índice cosecha se obtuvo con la dosis de nitrógeno 138 kg.ha^{-1} destacando esta significancia estadística con el tratamiento que no se adicionó, nitrógeno y fertilización orgánica, que obtuvieron los promedios más bajos entre todos los evaluados.

Cuadro 3. Efecto simple de la fertilización nitrogenada orgánica y mineral en dos híbridos sobre los componentes de rendimiento, Mocache, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Longitud mazorca		Diámetro mazorca		Peso 100 granos		Rendimiento grano		Índice cosecha	
	cm		cm		g		kg.ha^{-1}		%	
Híbridos										
H_1	13,54		4,31		26,46	a	3853,11	b	36,52	b
H_2	13,63		4,37		24,23	b	5699,67	a	42,49	a
p - valor ADEVA	0,7655		0,2095		0,0059		<0,0001		0,0013	
Nitrógeno kg ha^{-1}										
0	12,71	b	4,18	b	23,8	b	3125,3	b	35,1	bc
69 (O)	12,78	b	4,22	b	23,02	b	3062,03	b	33	c
69	13,12	ab	4,27	b	24,42	b	5164,89	a	43,07	ab
138	14,08	ab	4,35	ab	25,85	ab	5419,45	a	43,96	a
207	14,26	ab	4,51	a	29,05	a	5893,73	a	39,94	abc
276	14,58	a	4,53	a	25,93	ab	5992,91	a	41,97	ab
p - valor ADEVA	0,0047		0,0002		0,0016		<0,0001		0,0031	
C.V %	6,69		2,84		8,53		14,43		12,15	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey (P>0.05)
(O): Fuente nitrogenada orgánica
H_1: INIAP-551; H_2: Emblema

La longitud de mazorca respecto a la interacción entre los factores híbridos (A) por dosis de nitrógeno (B) fue estadísticamente influenciada por las aplicaciones de nitrógeno en los dos híbridos de maíz, los tratamientos que se omitieron nitrógeno y materia orgánica muestran los valores promedios más bajos, al compararlos con los tratamientos en los que se adicionó nitrógeno, esta interacción positiva se ve similar entre los dos híbridos hasta los 138 kg.ha^{-1} de nitrógeno las adiciones posteriores de este elemento en el híbrido H_1 no serían necesarias, manifiesta una tendencia a reducir la longitud de la mazorca, contrario a H_2 que aprovecha el máximo nivel de nitrógeno aportado 276 kg.ha^{-1} para alcanzar la mayor longitud (Grafico 1).

El efecto de la interacción en los factores híbridos por dosis nitrógeno responde positivamente en el diámetro de la mazorca favoreciendo en el aumento en cada uno de las dosis de nitrógeno adicionado en los dos híbridos respecto al tratamiento testigo, para H_1 la fuente orgánica se muestra ligeramente mejor que las dosis de nitrógeno mineral de 69 kg.ha^{-1} y 138 kg.ha^{-1}, por otra parte se observa al nivel adicionado 207 kg.ha^{-1} como el mejor mientras que a dosis de nitrógeno superiores no tiene un efecto favorable en el diámetro de mazorca.

Para el caso de H_2 todas las dosis de nitrógeno mejoran significativamente el diámetro de mazorca, siendo el nivel más alto adicionado con 276 kg.ha^{-1} el mejor para esta variable, estos resultados indican el efecto del nitrógeno sobre las características de la mazorca. Cabe mencionar que las diferencias entre los híbridos posiblemente se deban a que el H_2 está desarrollado para responder a dosis de nitrógeno superiores a los 120 kg.ha^{-1}, los híbridos de alto rendimiento necesitan de niveles mayores de nutrición mineral para alcanzar los potenciales genéticos de rendimiento.

Indudablemente, el rendimiento del grano en la interacción de los híbridos por nitrógeno se mejoró por la adición de este último alcanzando niveles estadísticos significativos. Los tratamientos con nitrógeno orgánico y testigo obtuvieron rendimientos muy por debajo de los 3500 kg.ha^{-1} en los dos híbridos evaluados, por otra parte en todas las dosis de nitrógeno inorgánico H_2 supera a H_1, lo que se evidencia el potencial productivo de este híbrido, así mismo se aprecia que todas las dosis de N inorgánico 69, 138, 207 y 276 kg.ha^{-1} comparten un nivel de significancia similar en H_2; sin embargo, parecería ser que 207 kg.ha^{-1} de N es suficiente para generar el rendimiento óptimo del híbrido bajo las condiciones en las que fue cultivado, este tratamiento tuvo una producción adicional de 605 kg de grano en comparación a la dosis de N 138 kg.ha^{-1}, mientras que se reduce el rendimiento de grano con la dosis de 276 kg.ha^{-1} de N.

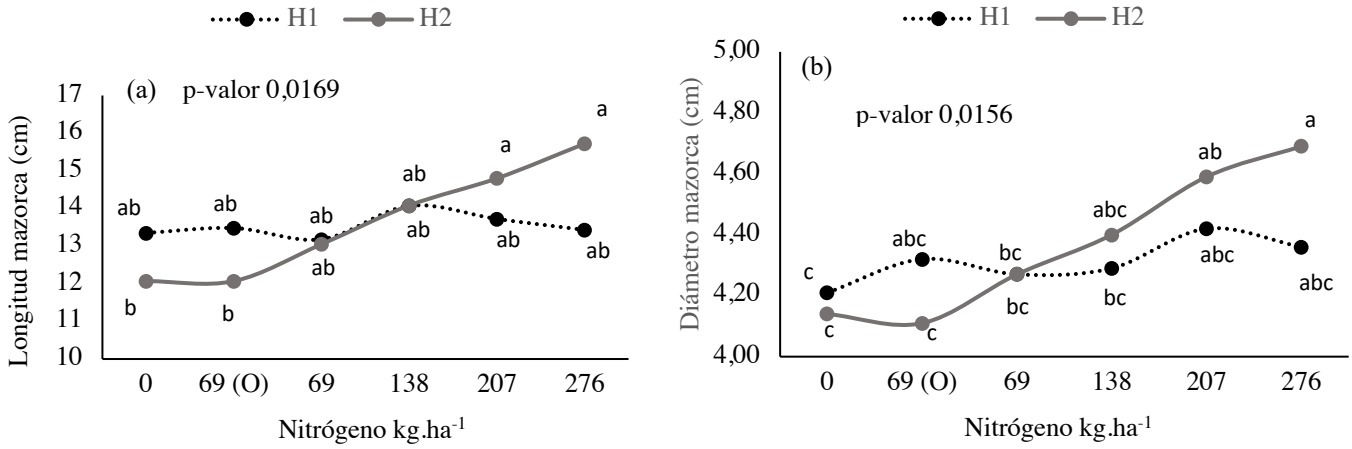


Gráfico 1. Efecto de la fertilización nitrogenada orgánica y mineral sobre en las características morfológicas de la mazorca de dos híbridos de maíz. Mocache, Ecuador, 2019.

Para el caso de H_1 los rendimientos no superaron los 5000 kg.ha^{-1}, equivalente a 110 quintales por hectárea de maíz, todos los tratamientos de N en este híbrido tuvieron un comportamiento similar. Estos resultados son contrarios a los publicados por Vasco *et al*. (2017) en este mismo híbrido durante la época seca, ya que los rendimientos fueron superiores a los 5000 kg.ha^{-1} en tres localidades de la provincia de Los Ríos. Mientras tanto, Amores *et al*. (1997) sugieren que los niveles óptimos de fertilización nitrogenada en este híbrido es 135 kg.ha^{-1}, para alcanzar rendimientos promedios de 6000 kg.ha^{-1} de grano, mientras que con aplicaciones superiores se promueve crecimiento excesivo aumentando el riesgo de acame y reducción del rendimiento, así mismo los contenidos de nitrógeno en la hoja alcanzan su máxima concentración con esta dosis, siendo este hecho generalizado en todas las zonas maiceras del litoral central ecuatoriano. Esto sugiere que este híbrido fue desarrollado para suelos con deficiencias nutricionales, con más de 30 años de haber sido liberado por INIAP, en la actualidad algunos agricultores lo siembran por su baja demanda nutricional, que para la época en que fue liberado, alcanzar los 3000 kg.ha^{-1} estaba dentro de los niveles altos de rendimiento (Gráfico 2).

En la interacción correspondiente al peso de 100 granos, no hubo variación entre ninguno de los tratamientos evaluados por lo que no se presenta el gráfico. Similar respuesta se obtuvo en el índice de cosecha posiblemente debido a que una parte de la biomasa transformada fue tallo, hojas, brácteas y no grano que finalmente es el interés comercial de esta gramínea.

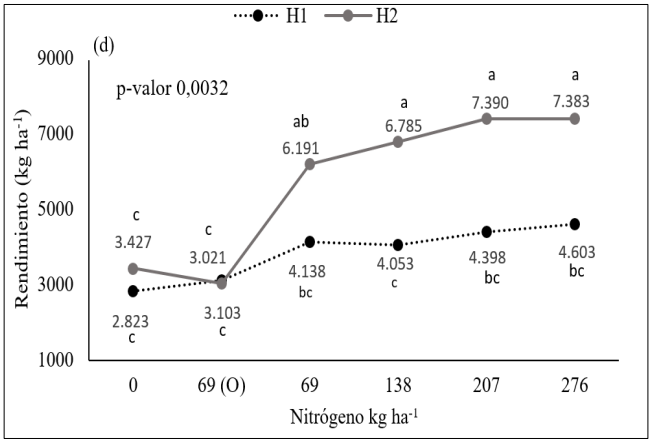


Gráfico 2. Rendimiento por efecto de la fertilización nitrogenada orgánica y mineral. Mocache, Ecuador, 2019

En la gráfico 3 se muestra la eficiencia agronómica basada en kilogramo de incremento en el rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado. El análisis de regresión lineal indica una tendencia negativa, en los dos híbridos de maíz, observándose que a medida que se aumenta la cantidad de nitrógeno la eficiencia se reduce. En este sentido el modelo de regresión lineal simple muestra que el híbrido de maíz H_2 tuvo una mayor eficiencia agronómica respecto a H_1. Sin embargo los dos híbridos muestran una eficiencia inversamente proporcional al rendimiento alcanzado, encontrándose que a partir de los 69 kg de N.ha^{-1} el híbrido H_2 por cada kg de N que se adiciona la eficiencia agronómica se reduce 0,055 kg. De este análisis fue excluido el tratamiento con N orgánico debido a que reportó eficiencias inferiores a uno.

Por otra parte con 69 kg de N se alcanzó la mayor eficiencia agronómica, en los híbridos H_2 y H_1 que en promedio fue 18,43 y 8,76 kg de grano por kg^{-1} de N aplicado, en relación con la parcela testigo. Resultados de esta investigación se asemejan a los encontrados por Aguilar *et al*. (2016) quienes reportaron que, en Montecillo Estado de México, el rendimiento de maíz se incrementó significativamente cuando adicionó nitrógeno hasta 80 kg de $N.ha^{-1}$, mientras que con dosis superiores el rendimiento de grano se redujo. Además, los autores encontraron que a medida que se incrementan las dosis de N, la eficiencia agronómica disminuyó.

En cacao una respuesta similar encontró Cuenca *et al.* (2019) en su estudio de uso eficiente de nutrientes, los tratamientos más altos de macronutrientes presentaron los valores más bajos de eficiencia agronómica, estos autores sostienen que la disminución de la eficiencia se debe a que las dosis altas modifican el equilibrio de nutrientes en la solución del suelo, creando un bloqueo entre los nutrientes que reduce la adsorción de nutrientes. Este aporte concuerda con lo publicado por Liu *et al*. (2019) quienes mencionan que las aplicaciones de fertilizantes con alto contenido de N en los sistemas agrícola han resultado en una menor eficiencia en el uso del N, las pérdidas por volatilización y desnitrificación son mayores, la planta absorbe la cantidad que necesita de cada nutrimento y el resto queda libre, teniendo efectos adversos como la contaminación del agua, a través de la escorrentía superficial, la lixiviación de nitratos.

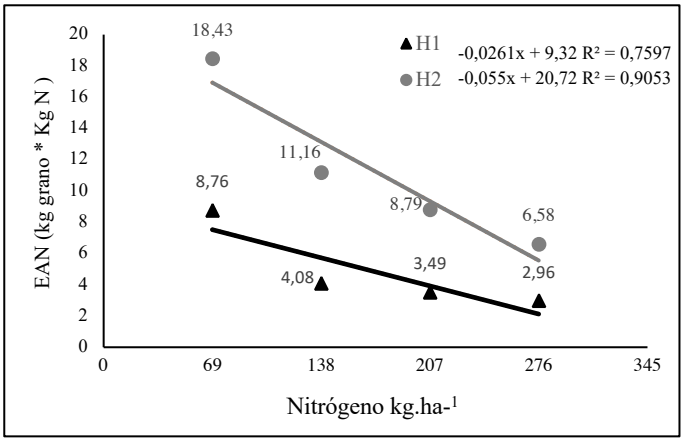


Gráfico 3. Eficiencia agronómica en dos híbridos de maíz por efecto de la fertilización nitrogenada orgánica y mineral. Mocache, Ecuador, 2019.

CONCLUSIONES

Los dos híbridos de maíz mostraron la mayor eficiencia agronómica con 69 $kg.ha^{-1}$ de N, bajo las condiciones edafoclimáticas de Mocache. El híbrido H_2 (Emblema) tiene una mayor capacidad de eficiencia agronómica de N, por lo que obtuvo los rendimientos más altos, lo que sugiere una fuerte influencia del híbrido. Sin embargo, la fertilización nitrogenada mineral puede ser suficiente con 69 $kg.ha^{-1}$ de N mineral para el híbrido de maíz H_2 (Emblema), el rendimiento a partir de esta cantidad de N es estadísticamente igual que las dosis superiores, mientras que la aplicación de nitrógeno orgánico no fue estadísticamente superior que los tratamientos testigos, debido a que su mineralización y efecto sobre las condiciones químicas y físicas del suelo transcurren de forma progresiva. Por lo que su aplicación debería ser antes de la instalación del cultivo, dando tiempo a que el fertilizante orgánico se mineralice y la planta lo pueda absorber.

LITERATURA CITADA

Álvarez, S., Sadras, V. O., & Borrás, L. 2014. Independent genetic control of maize (*Zea mays* L.) kernel weight determination and its phenotypic plasticity. 65(15): 4479-4487. https://doi.org/10.1093/jxb/eru215

Aguilar, C., Estrada, E., Salvador, J., Aguilar, M., Mejía, J., Conde, V., y Trinidad, A. 2016. Eficiencia agronómica, rendimiento y rentabilidad de genotipos de maíz en función del nitrógeno. Terra Latinoamericana, 34:419-429.

Amores, F., Mite, F., y Carrillo, M. 1997. Manejo de la fertilización en maíz duro. Manual Técnico Numero 28 Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Cervantes. 2018. Manejo Agronómico para la Producción de Maíz de Alto Rendimiento. 14-17.

Cuenca, E., Puentes, Y. & Menjivar, J. 2019. Efficient use of nutrients in fine aroma cacao in the province of Los Ríos-Ecuador. Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin, 72(3): 8963-8970. https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.74862

Fagodiya, R., Kumar, A., Kumari, S., Medhi, K. & Shabnam, A. 2020. El papel del nitrógeno y su gestión agrícola en un entorno cambiante. En: Naeem M., Ansari A., Gill S. (eds) Contaminantes en la agricultura. Springer, Cham. En M. Naeem, A. Ansari, & S. Gill (Eds.), Contaminants in Agriculture (pp. 247-264).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Dirección de estadística FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

García. 2014. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Jornada Maíz, June, 21. http://www.fertilizando.com/articulos/criterios-manejo-fertilizacion-cultivo-maiz.pdf

García, J. y Espinoza, J. 2009. Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en su eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/237235815_Efecto_del_fraccionamiento_de_nitrogeno_en_la_productividad_y_en_la_eficiencia_agronomica_de_macronutrientes_en_maiz

González, A., Figueroa, U., Preciado, P., Núñez, G., Luna, G. y Antuna, O. 2016. Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2020. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2019 Contenidos.

IPNI (International Plant Names Index). 2012. 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.P. Sulewski. (eds.) International Plant Nutrition Institute, Norcross, Georgia, USA.

Liu, S., Chi, Q., Cheng, Y., Zhu, B., Li, W., Zhang, X., Huang, Y., Müller, C., Cai, Z., & Zhang, J. 2019. Science of the Total Environment Importance of matching soil N transformations, crop N form preference, and climate to enhance crop yield and reducing N loss. Science of the Total Environment, 657: 1265-1273. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.100

Rakesh, J. Jaswinder, S. y Adarsh, V. 2014. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent : effect on growth, yield and quality of plants. https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1

Kumar, K., Hanumanthappa, M., Marimuthu, S., & Meenambigai, C. 2018. A review on enhancing the fertilizers use efficiency to minimize environmental impacts. ~ 2167 ~ International Journal of Chemical Studies, 6(3).

Remache, M., Carrillo, M., Mora, R., Durango, W., & Morales, F. 2017. Absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en híbrido promisorio de maíz. Patricia Pilar, Ecuador. 41(2): 103-115. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4678

Sadeghi, S. M., Noorhosseini, S. A., & Damalas, C. A. 2018. Environmental sustainability of corn (*Zea mays* L.) production on the basis of nitrogen fertilizer application: The case of Lahijan, Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 95: 48-55. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.005

Torres, A., Héctor, E., Cué, J., & Cevallos, M. 2018. Fisiología Vegetal. Vol: nutrición hídrica y mineral de las plantas (UTM-UNIVE).

Torres, A., Ardisana, E., Fosado, O., Cue, J., Mero, J., León, R., y Peñarrieta, S. 2019. Respuesta del pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante aplicaciones foliares de diferentes dosis y fuentes de lixiviados de vermicompost. 31(3): 213-220.

Vasco, A., Morales, C., Vasco, S., & Vasco, D. 2017. Agronomic performance and economic evaluation of crystalline Ecuadorian Littoral. 4(1): 66-75

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA CUANTIFICAR SEVERIDAD DE LA ROYA DEL CAFETO EN DIFERENTES TAMAÑOS DE HOJAS

COMPARISON OF METHODS TO QUANTIFY SEVERITY OF COFFEE RUST IN DIFFERENT LEAF SIZES

Sebastian Palomo-Bárcenas[1], Ramón Silva-Acuña[2], Maria Claudia Sánchez-Cuevas[3], Guillermo Romero-Marcano[4]

[1]Discente del Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente.
[2,3]Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente y Clínica Universitaria de Diagnóstico Agrícola (CUDA) respectivamente, Núcleo Monagas *Campus* Juanico, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela.
[4]Departamento de Nutrición Animal y Forrajes, Escuela de Zootecnia, *Campus* Los Guaritos, Maturín, Venezuela.

E-mail: drramonsilvaa@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 30/05/2022

Aceptado: 27/12/2022

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 13(2):48-54

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.345

Resumen

La roya del cafeto es la enfermedad más importante del cultivo, la severidad del daño foliar causado por el patógeno provoca abscisión foliar y repercute significativamente en la reducción de los rendimientos. Se realizó esta investigación con el objetivo de comparar el método visual con uno digital, en la cuantificación del porcentaje de severidad de la roya en diferentes tamaños de hojas. Las cuantificaciones de la enfermedad se realizaron en la Clínica Universitaria de Diagnóstico Agrícola de la Universidad de Oriente. Para la realización del experimento fueron recolectadas 360 hojas lesionadas con roya en plantaciones de Catuaí Rojo y divididas en tres grupos, categorizadas según el área foliar en grandes, medianas y pequeñas, cada grupo estuvo representado por 120 hojas, inicialmente evaluadas por el método visual por dos observadores con la ayuda de la escala diagramática y posteriormente con método digital mediante el análisis de imágenes con el programa ImageJ®. Se utilizó el diseño en bloques al azar con arreglo factorial 2x3 con diez repeticiones por unidad experimental. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza. Se constató que el porcentaje de severidad no presentó diferencias estadísticas para la metodología digital cuando se cambió el tamaño de las hojas; mientras que, para la metodología visual hubo influencia del tamaño de las hojas, observándose que la severidad estimada aumento a medida que el tamaño de las hojas disminuyó. El método digital es una alternativa confiable para la cuantificación de la severidad de ataque por la roya del cafeto.

Palabras clave: Herrumbre del café, enfermedad foliar, área esporulada, método digital.

Abstract

Coffee rust is the most important disease of the crop, the severity of leaf damage caused by the pathogen causes leaf abscission and significantly affects the reduction of yields. This investigation was carried out with the objective of comparing the visual method with a digital one, in the quantification of the percentage of severity of the rust in different sizes of leaves. The quantifications of the disease were carried out at the University Clinic for Agricultural Diagnostics at Oriente University. To carry out the experiment, 360 leaves injured with rust were collected from Catuaí Rojo plantations and divided into three groups, categorized according to leaf area into large, medium and small, each group was represented by 120 leaves, initially evaluated by the visual method by two observers with the help of the diagrammatic scale and later with the digital method by analyzing images with the ImageJ® program. The randomized block design was used with a 2x3 factorial arrangement with ten repetitions per experimental unit. The data were processed by analysis of variance. It was found that the severity percentage did not present statistical differences for the digital methodology when the size of the sheets was changed; while, for the visual methodology, there was an influence of the size of the leaves, observing that the estimated severity increased as the size of the leaves decreased. The digital method is a reliable alternative for the quantification of the severity of attack by coffee rust.

Keywords: Coffee rust, foliar disease, sporulated area, digital method.

INTRODUCCIÓN

La roya de la hoja del café causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk & Br., es la enfermedad más importante que afecta al cafeto. El daño foliar ocasionado tanto por la esporulación del hongo, como también por la necrosis de los tejidos en las áreas afectadas; además, de la caída de las hojas afectadas por efecto de la enfermedad, limitan de manera significativa la producción del cafeto. Esa reducción es producto de la afectación del principal órgano fotosintético de la planta, lo que imposibilita la producción de azúcares para el llenado de los frutos (Arneson, 2000; Waller *et al.* 2007). La disminución promedio de los rendimientos anuales ocasionada por la roya reporta un 35%, dependiendo de las condiciones ambientales y el control fitosanitario aplicado (Rodrigues y Gil de Oliveira*,* 2013). Esta enfermedad está considerada en el ámbito mundial como una de las siete más peligrosas que atacan las plantas tropicales y es sin duda la enfermedad más dañina del café (Subero, 2005).

El deterioro del cultivo es gradual, la producción sigue una oscilación estacional y en pocos años los niveles de producción se reducen a niveles no rentables para la sostenibilidad del cultivo; claro está, si no se consideran las medidas adecuadas de control, sea el uso de fungicidas sistémicos y/o protectores o con el uso de variedades resistentes (García, 2013). El patógeno también debilita a las plantas enfermas y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de los árboles (Zambolim*,* 2009; APS, 2021).

Por su parte, la severidad de una enfermedad se refiere al área de tejido de la planta que se encuentra enferma (Castaño-Zapata, 2017). La estimación de la severidad se utiliza para evaluar medidas de control, niveles de resistencia, eficiencia de fungicidas y para desarrollar modelos de pérdida de cosechas (Bock *et al.,* 2010). Las evaluaciones de severidad durante la epidemia de la roya del café deben tener como objetivo asegurar que las estimaciones sean confiables y precisas (Silva-Acuña *et al*., 1999; Capucho *et al.,* 2011).

Entre las técnicas de cuantificación de la severidad están las medidas relacionadas, la estimación visual (Cowling y Horsfall, 1978) y el uso de métodos electrónicos (Guzmán *et al*., 2003). Particularmente para el caso de las royas el método visual es el más utilizado para evaluar la severidad de la enfermedad, debido a su sencillez, rapidez y bajo costo, con el uso de escalas o claves pictográficas que muestran el aumento progresivo de las lesiones; estas escalas diagramáticas, muestran series o partes de plantas con diferentes niveles de gravedad de los síntomas (James, 1971; Navarro y Arauz, 1999; Sauceda-Acosta *et al.,* 2015).

Para la roya del café existen diferentes escalas de determinación visual de la severidad, como la desarrollada por Kushalappa y Chaves (1978) que muestra una hoja de 50 cm^2 con lesiones de 1, 3, 5, 7 y 10 %, donde el evaluador debe comparar la hoja de la escala con la hoja real. Otras escalas, se han divulgado con la ayuda del internet como la de GSV-SINAVEF-LANREF (2016) la cual utiliza fotografías de hojas reales con diferentes porcentajes de severidad. Sin embargo, la debilidad de los métodos visuales es la variabilidad en los resultados, baja repetitividad, imprecisión, traducido en menor confiabilidad, lo cual frecuentemente ocurre debido al sesgo del observador, que genera medidas erradas (Sherwood *et al.,* 1983; Kranz, 1988; Bock *et al*., 2008; Bade y Carmona, 2011).

La subjetividad del método visual puede deberse al cansancio y pérdida de concentración de los evaluadores, disminuyendo así su exactitud, por lo que puede ocurrir un intercambio sustancial entre la variabilidad (subjetividad). En algunos casos, es posible que sea necesario repetir la capacitación para aumentar la calidad del evaluador. La evaluación visual puede ser destructiva, si el material es recogido en el terreno para su posterior evaluación en el laboratorio, de esta manera, los evaluadores están propensos a diversas ilusiones (número/tamaño de la lesión y área infectada) (Bock *et al.,* 2010); además de esas desventajas, es importante considerar que algunas enfermedades pueden extenderse en áreas extremadamente grandes en las hojas, lo que hace del monitoreo una tarea desafiante. Esos problemas pueden ser resueltos, o al menos minimizados mediante el uso de fotografías combinadas con algún tipo de procesamiento de imágenes y, en algunos casos, reconocimiento de patrones y herramientas de clasificación que permitan obtener resultados consistentes, precisos y sin necesidad de usar técnicas destructivas (Bock *et al.,* 2008; Velázquez *et al.,* 2011; García, 2013).

El procesamiento y análisis de imágenes fotográficas para la cuantificación de severidad de enfermedades foliares es una alternativa que permite identificar tamaño, forma y número de lesiones, dejando a un lado la subjetividad del método visual permitiendo obtener resultados precisos y exactos (Patil y Bodhe, 2011; Velázquez *et al.,* 2011; Rathod *et al.,* 2013). Assess® 2.0 e ImageJ® son programas para computadoras que permiten de forma rápida y sencilla la determinación del área foliar afectada utilizando imágenes digitales (García, 2013). ImageJ® permite determinar el área de objetos gráficos en los que se introduce una referencia de tamaño conocido; es un software libre disponible en la dirección electrónica http://rsbweb.nih.gov/ij/, desarrollado por el National Institutes of Health de Estados Unidos (Rasband, 2017).

En razón de lo antes señalado, el objetivo del ensayo fue comparar el método visual utilizando como referencia la escala desarrollada por Kushalappa y Chaves (1978) y el método digital que emplea fotografías procesadas en el software ImageJ® para la cuantificación de severidad de la roya del cafeto en diferentes tamaños de hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El experimento se realizó en la Clínica Universitaria de Diagnóstico Agrícola (CUDA) del Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, *Campus* Juanico, en Maturín, estado Monagas, Venezuela, ubicada en las coordenadas geográficas 9° 45´ LN y 63° 11´ LO, a la altitud de 65 m (Climate-Data.org, 2020). Las hojas de café var. Catuaí rojo afectadas con roya se colectaron en la Estación Experimental Caripe del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en la población de San Agustín, parroquia la Guanota, municipio Caripe, a 63°32´35´´ LO y 10°12´40´´ LN (Satélite Magellan/Explorist), a la altitud de 1.132 m.s.n.m.

Tamaño y agrupamiento de las muestras

Se recolectaron y organizaron ascendentemente, en función del área foliar 360 hojas de café lesionadas con roya. Estas se dividieron en tres grupos de 120 cada uno, según el tamaño: grandes (69,85 a 128,58 cm^2), medianas (43,99 a 69,84 cm^2) y pequeñas (10,31 a 43,98 cm2). Cada una de las hojas fue evaluada visual y digitalmente, obteniendo 720 datos de severidad entre las dos metodologías. El cálculo del área foliar se realizó con ayuda del programa ImageJ®, según la metodología descrita por Rincón *et al.* (2012).

Evaluación visual de la severidad de la roya

Se utilizó como escala el diagrama elaborado por Kushalappa y Chaves (1978) (Figura 1). La evaluación fue realizada por dos personas con experiencia en el área y consistió en comparar el tamaño de las lesiones del diagrama con las de hojas muestreadas para cuantificar la severidad o el área foliar afectada por la enfermedad.

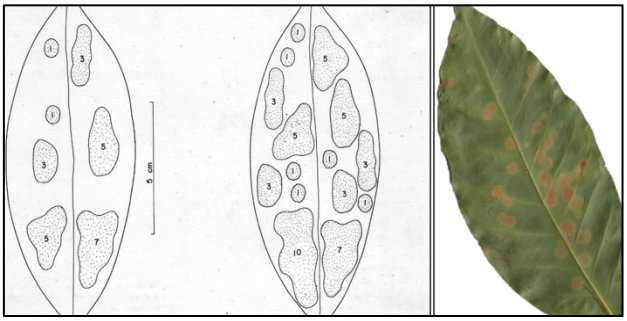


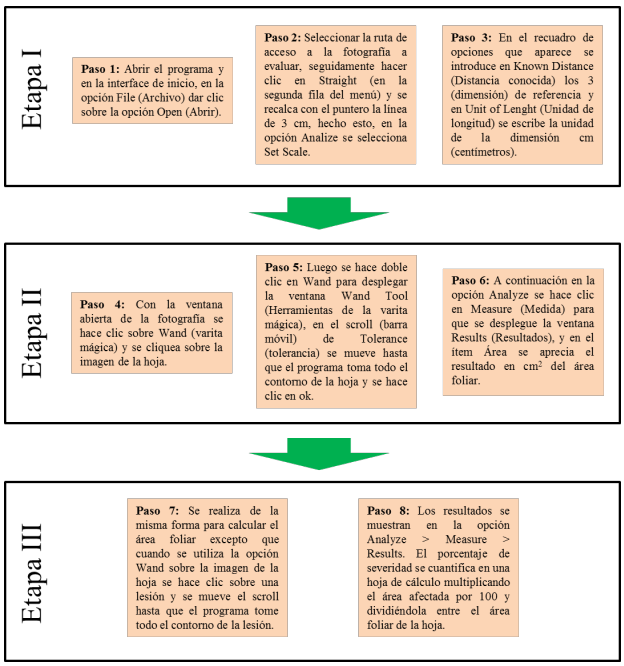
Figura 1. Escala para evaluar el porcentaje de área foliar afectada por roya del café (A) y hoja de cafeto afectada por roya (B).

Al finalizar la evaluación visual de severidad, los valores determinados individualmente por los dos evaluadores fueron promediados para cada hoja.

Evaluación digital de la severidad de la roya

Se fotografiaron las hojas con una cámara digital BenQ DC P1410 de 14 megapíxel, sobre un fondo blanco, el cual tenía impreso una línea de referencia de 3 cm, posteriormente las fotografías fueron pasadas de la memoria de la cámara a una carpeta de una computadora de escritorio. Para realizar la evaluación digital se descargó e instaló el software ImageJ® (Rasband, 2017).

La cuantificación de la severidad mediante el programa involucró una serie de pasos enmarcados en un procedimiento de tres etapas: primera etapa, definición de la escala; segunda etapa, cálculo del área foliar; y tercera etapa, cálculo del área afectada por roya (Figura 2).



Etapa I: Definición de la escala; **Etapa II:** Cálculo del área foliar; y **Etapa III:** Cálculo del área afectada por roya.

Figura 2. Procedimiento para cuantificar la severidad de la roya utilizando el programa ImageJ®.

Diseño del experimento y análisis estadístico

Los datos obtenidos de la evaluación visual y digital fueron organizados en una hoja de cálculo de una suite ofimática para computadoras. Los datos de los tres grupos de tamaño de hojas, se ordenaron desde la más pequeña hasta la más grande. Luego del ordenamiento en cada metodología y dentro de cada tamaño se parearon los valores de severidad de 12 hojas para obtener un promedio dejando entre cada hoja seleccionada 10 valores.

Al finalizar las combinaciones se obtuvo 10 promedios para cada tamaño de hoja, es decir, 30 promedios por método para un total de 60 promedios. Sobre los datos

obtenidos se aplicó un diseño estadístico en bloques al azar con arreglo factorial 2x3 con 10 repeticiones, donde se estudiaron como factor A: las dos metodologías (visual y digital) y factor B: los tres tamaños de hojas (pequeñas, medianas y grandes). En consecuencia, se conformaron 60 unidades experimentales. Una vez comprobada la normalidad y la homogeneidad de los datos, fueron procesados a través de análisis de varianza (ANAVA) de estructura factorial y se utilizó la prueba de Tukey (α=5%) para la comparación de medias que resultaron significativas. Los procedimientos estadísticos se efectuaron con el software estadístico Infostat Versión 2020 (Di Rienzo *et al.,* 2020).

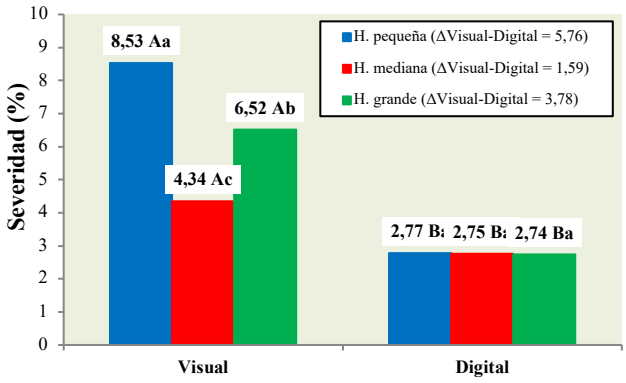
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) aplicado sobre los porcentajes de severidad de la roya en las hojas de café detectó diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los métodos utilizados (visual y digital), así como también entre los tamaños de las hojas (pequeñas, medianas y grandes) y en la interacción métodos x tamaño.

Cuadro 1. Análisis de varianza del porcentaje de severidad de las hojas de café cuantificadas por el método visual y el digital en tres tamaños de hojas.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F
Repetición	9	6,530	0,726	$1,29^{ns}$
Métodos	1	209,880	209,880	373,45**
Tamaños	2	44,350	22,175	39,46**
Interacción Métodos x Tamaño	2	43,490	21,745	38,69**
Tamaño/Método	2	87,840	43,920	78,15**
Tamaño/Visual	1	87,835	87,835	156,29**
Tamaño/Digital	1	0,005	0,005	$8,9x10^{-3ns}$
Error	40	22,470	0,562	
W (Will-Shapiro)		$0,85^{ns}$		
P (Bartlett)		0,05		
CV (%)		14,88		

Al realizar la descomposición de la interacción se observó diferencias altamente significativas entre los métodos y los tres tamaños de hojas. El coeficiente de variación fue de 14,88 %. En la Figura 3 se muestran los valores promedios de severidad por método y tamaño de la hoja, apreciándose que para el método digital no existió diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (5 %) cuando se pasó de un tamaño de hoja a otro, siendo los valores de severidad 2,77 % para las hojas pequeñas, 2,75 % para las medianas y 2,74 % para las grandes, mientras que en el método visual existieron diferencias al pasar de un tamaño de hoja a otro, siendo la severidad calculada en las hojas pequeñas estadísticamente superior según la prueba de Tukey (5%) a la severidad en las hoja medianas y en las grandes con 8,53; 4,34 y 6,52% respectivamente.



Letras mayúsculas distintas representan diferencia significativa entre métodos de evaluación (A, B); mientras que, letras minúsculas distintas representan diferencia significativa entre tamaños de hojas, dentro del método de evaluación (a, b, c).; Δ: Magnitud del umbral de diferencia entre métodos para cada tipo de hoja (H) muestreada

Figura 3. Interacción entre métodos de evaluación (Visual y Digital) y tamaños de hojas (pequeña, mediana y grande), sobre el porcentaje de severidad de la roya.

Se evidencia que la distancia porcentual (umbral) entre el método visual y el método digital es más pequeña cuando se evaluaron hojas medianas (umbral = 1,59 %), en cambio al evaluar hojas pequeñas y grandes el umbral entre los dos métodos aumentó a 5,76 y 3,78 % respectivamente. El comportamiento observado permite inferir que existe influencia del tamaño de la hoja al momento de cuantificar severidad de la enfermedad por el método visual; existe sobreestimación de la afección cuando se evalúan visualmente hojas grandes y aún más con hojas pequeñas, en cambio, al utilizar hojas medianas se obtienen valores más cercanos al método digital. Con el método digital se eliminan factores que perjudican la correcta evaluación de los daños foliares como el cansancio, intensidad lumínica y la percepción porcentual del evaluador sobre el tamaño de las lesiones.

En un ensayo similar, Olmstead *et al.* (2001) compararon dos métodos diferentes (visual y computacional) para cuantificar la infección del mildiu en hojas de cerezo dulce, hallaron que la evaluación visual proporcionó estimaciones muy superiores de severidad en comparación con la computacional, de manera similar, Coninck *et al.* (2012) para determinar la gravedad de la enfermedad de la mancha foliar de *Cercospora* en remolachas azucareras compararon la exactitud de tres métodos para estimar la severidad de la enfermedad, utilizaron la evaluación visual, reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RCPTR) y procesamiento de imágenes utilizando el programa para computadoras Assess 2.0 de la APS, concluyeron que los métodos de imágenes digitales y el RCPTR tenían el potencial de aumentar la precisión y la sensibilidad de las evaluaciones al reducir el sesgo generado en las evaluaciones visuales. Bock *et al.* (2010) y Kwack *et al.* (2005) indican que los evaluadores tienden a sobreestimar si el área foliar afectada es muy grande o

muy pequeña, afectando la precisión y exactitud de la estimación, estas observaciones se ratifican en esta investigación al demostrarse que en hojas pequeñas y grandes las lecturas están más alejada del método digital.

Los resultados de esta investigación también coinciden con los reportados por Sherwood *et al*. (1983) los cuales utilizaron análisis de imágenes para cuantificar la afección de *Stagonospor*a en césped de jardín, estos autores concluyeron que el uso de métodos electrónicos generan resultados más exactos que las estimaciones visuales, debido a la existencia de factores externos como el tamaño de las hojas y de las lesiones, el color de la lesión, la intensidad de luz y la fatiga del evaluador al momento de la evaluación, los cuales, pueden afectar la precisión y exactitud de las evaluaciones visuales. De manera similar, Sauceda-Acosta *et al.* (2015) utilizaron el programa ImageJ® en la comparación de un método electrónico y un método visual para medir severidad de la roya del trigo (*Puccinia triticina* Eriksson) en hojas, constató que el método de análisis de imágenes digitales fue más preciso; además, facilitó la repetitividad y redujo la subjetividad en relación al método visual, también agregaron los autores que estos sistemas informáticos son capaz de diferenciar entre las lesiones, el área sana y regiones necróticas causadas por otros factores. Son capaces de medir con precisión el área foliar dañada por patógenos, al mismo tiempo que permite caracterizar el avance de la enfermedad mediante el número, tamaño y forma de las lesiones.

Price *et al.* (1993) pioneros en el uso de imágenes digitales para la cuantificación de severidad de la roya del café afirmó que el uso de estas metodologías computacionales genera resultados más precisos que las evaluaciones visuales y que los sistemas de imágenes poseen ventajas al proporcionar datos sobre la forma, área y perímetro de las lesiones individuales por la roya. Estos sistemas son útiles en el desarrollo de modelos epidemiológicos para la predicción de reducción en los rendimientos basada en el porcentaje de áreas sanas o enfermas de roya en la hoja del café e inclusive esta metodología podría extrapolarse a otras enfermedades del follaje. De forma similar, Tapia *et al*. (2014) compararon un método electrónico (programa Image Tool 3.0) y un método visual (escala propuesta por Capucho *et al.* (2011)) en la cuantificación de la severidad en hojas afectadas por la roya del café y constataron que los sistemas electrónicos permiten evaluar grandes cantidades de hojas de forma sencilla.

CONCLUSIONES

Imágenes digitales procesadas con el software Imagej® ofreció lecturas confiables en los datos de severidad de la roya del cafeto, independientemente del tamaño de la hoja.

El método visual usando la escala diagramática con la inclusión de diferentes tamaños de hojas hace menos confiable la cuantificación de la severidad en hojas pequeñas y grandes.

LITERATURA CITADA

APS (The American Phytopathological Society). 2021. Coffee rust (*Hemileia vastatrix*). Disponible en línea: http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx. (Acceso 20.08.2021).

Arneson, P. 2000. Coffee rust. *The American Phytopathological Society (APS)*. https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalbasidio/pdlessons/Pages/CoffeeRust.aspx

Bade, C., Carmona, M. 2011. Comparison of methods to assess severity of common rust caused by *Puccinia sorghi* in maize. Tropical Plant Pathology. 36: 264-266.

Bock, C., Parker, P., Cook, A., Gottwald T. 2008. Visual rating and the use of image analysis for assessing different symptoms of citrus canker on grapefruit leaves. Plant Disease. 92: 530-541.

Bock, C., Parker, P., Gottwald T. 2010. Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. Critical Reviews in Plant Sciences 29:59-107.

Capucho, A., Zambolim, L., Duarte, H., Vaz G. 2011. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. Plant Pathology. 60: 1144-1150.

Castaño-Zapata, J. 2017. Conferencia Magistral: Conceptos básicos de fitoepidemiología. Revista Palmas. Bogotá (Colombia), 38 (4):67–70.

Coninck, B., Amand, O., Delauré, S., Lucas, S., Hias, N., Weyens, G., Mathys, J., De Bruyne, E., Cammue, B. 2012. The use of digital image analysis and real-time PCR fine-tunes bioassays for quantification of *Cercospora* leaf spot disease in sugar beet breeding. Plant Pathol. 61:76-84.

Cowling, E., Horsfall, J. 1978. Monitoring epidemics: host. In: Campbell C, Madden L. (Eds). Introduction to plant disease epidemiology. Wiley-Interscience, Ann Arbor, USA. 552 p.

García, D. 2013. Incidencia y severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y evaluación de alternativas químicas para su control. Escuintla: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y

Agrícolas, Licenciatura en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Cultivos Tropicales [Disertación Grado Ingeniero Agrónomo], 61 p.

CLIMATE-DATA.ORG. 2020. Datos climáticos mundiales (en línea). Consultado 10 ene. 2021. Disponible en:https://es.climate-data.org/

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Robledo, C. 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar.

GSV-SINAVEF-LANREF (Dirección General De Sanidad Vegetal – Sistema Nacional De Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria – Laboratorio Nacional De Referencia Epidemiológica Fitosanitaria). 2016. Escalas de severidad de roya del café en hoja y planta. En línea: http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/ROYAcafeto.pdf. (Acceso 04.10.2021).

Guzmán, P., Gómez, G., Rivillas, O., Oliveros, T. 2003. Utilización del procesamiento de imágenes para determinar la severidad de La Mancha de Hierro del Cafeto, en hojas de café. Cenicafe, 54(3):258-265.

James, W. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. Canadian Plant Disease Survey. 51:39-65.

Kranz, J. 1988. Measuring plant disease. In: Kranz J, Rotem J (Eds). Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. Springer, Berlin, Germany, pp. 35-50.

Kushalappa, A., Chaves, G. 1978. Assessment key for percent coffee leaf area rusted. *Fitopatología Brasileira*. *3*:119.

Kwack, M., Kim, E., Lee, H., Kim, J., Chun, S., Kim, K. 2005. Digital image analysis to measure lesion area of cucumber anthracnose by *Colletotrichum orbiculare*. Journal of General Plant Pathology. 71:418-421.

Navarro, J., Arauz, L. 1999. Exactitud y repetitividad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya (*Carica papaya*). Agronomía Costarricense. 23:89-96.

Olmstead, J., Lang, G., Grove, G. 2001. Assessment of severity of powdery mildew infection of sweet cherry leaves by digital image analysis. Hortscience. 36:107-111.

Patil, S., Bodhe, S. 2011. Leaf disease severity measurement using image processing. International Journal of Engineering and Technology. 3:297-301.

Price, T., Gross, R., Wey, J., Osborne, C. 1993. A comparison of visual and digital image-processing methods in quantifying the severity of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Aust J Exp Agric. 33: 97-101.

Rasband, W. 2017. ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponible en: http://rsbweb.nih.gov/ij/. (04.10.2021).

Rathod, A., Tanawal, B., Shah, V. 2013. Image processing techniques for detection of leaf disease. International. Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3: 397-399.

Rincón, N., Olarte, M., Pérez J. 2012. Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 65(1):6399-6405.

Rodrigues, A., Gil de Oliveira, E. 2013. Desafios do manejo no controle de doenças do café. Visão Agrícola 12: 51-54. https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-fitossanidade02.pdf.

Sauceda-Acosta, C., Lugo-García, G., Villaseñor-Mir, H., Partida-Ruvalvaba, L., Reyes-Olivas, A. 2015. Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) en trigo. Rev. Fitotec. Mex. 38(4):427-434.

Sherwood, R., Berg, C., Hoover, M., Zeiders, K. 1983. Illusions in Visual assessment of *Stagonospora* leaf spot of orchardgrass. Phytopathology. 73:173-177.

Silva-Acuña, R., Maffia, L., Zambolim, L., Berger, R. 1999. Incidence-severity relationships in the *Coffea arabica-Hemileia vastatrix*. Plant Disease 83:186-188.

Subero, L. 2005. La roya del café. Disponible en línea: http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/136.pdf. (Acceso 04.10.2021).

Tapia, A., Granado, E., Avelino, J. 2014. Cuantificación de la severidad en hojas afectadas por la roya del de café (*Hemileia vastatrix*) utilizando el software image tool 3.0. Disponible en: https://agritrop.cirad.fr/573986/1/document_573986.pdf. (04.10.2021).

Velázquez, L., Sasaki, Y., Nakano, K., Mejía, J., Romanchik, M. 2011. Detección de cenicilla en rosa usando procesamiento de imágenes por computadora. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17:151-160.

Waller, J., Bigger, M., Hillocks, R. 2007. Coffee Pests, Diseases and their Management. CAB International, Wallingford, UK. 434p.

Zambolim, L. 2009. Tecnologias para a produção do Café Conilon. Departamento de Fitopatologia, Viçosa, Brasil, 360 p.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

ACTIVIDADES ANTIMICROBIANAS Y ANTIFÚNGICAS DE LOS EXTRACTOS ALCOHÓLICOS DE *Passiflora edulis* Y *Citrus x sinensis*

ANTIMICROBIAL AND ANTIFUNGAL ACTIVITIES OF ALCOHOLIC EXTRACTS FROM *Passiflora edulis* AND *Citrus x sinensis*

Marcia Eduarda Aveiga Zambrano, Liz Yanaina Sánchez López, Stalin Gustavo Santacruz Terán

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Circunvalación – Vía San Mateo, Manta – Manabí – Ecuador.

Email: stalin.santacruz@uleam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Nota técnica

Recibido:
30/06/2022

Aceptado:
21/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):55-61

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.349

Resumen

En el presente trabajo se estudió el poder inhibitorio de los extractos alcohólicos de los subproductos agroindustriales de naranja y maracuyá frente a cuatro bacterias: *Listeria monocytogenes, Streptococcus mutans, Salmonella* spp., *Escherichia coli* y dos hongos: *Penicillium* sp, y *Rhizopus* spp. Para ello, los extractos alcohólicos del epicarpio-albedo de maracuyá y del exocarpo-mesocarpio de la naranja en concentraciones de 0,05 y 0,1% se aplicaron a cepas de los seis microorganismos y se determinó la zona de inhibición y la curva de crecimiento durante 24 h. Los resultados mostraron que la mayor concentración de los extractos (0,1%) de ambas frutas formó zonas de inhibición de mayor diámetro. Las bacterias fueron más resistentes a los extractos de la naranja en comparación con los de maracuyá, con inhibiciones completas a las 24 y 6 h, respectivamente. Por otro lado, se observó que la inhibición completa de los hongos fue a partir de las 4 horas por acción de extractos de las dos frutas en estudio.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, inhibición, *Passiflora edulis, Citrus sinensis*, bacterias, hongos.

Abstract

In the present work, the inhibitory power of the alcoholic extracts of the agro-industrial by-products of orange and passion fruit was studied against four bacteria: *Listeria monocytogenes, Streptococcus mutans, Salmonella* spp., *Escherichia coli* and two fungi: *Penicillium* sp, and *Rhizopus* spp. The alcoholic extracts of orange and passion fruit peels in concentrations of 0,05 and 0,1% were applied to strains of the six microorganisms and the zone of inhibition and the growth curve along 24 h were determined. The results showed that the highest concentration of the extracts (0,1%) of both fruits formed inhibition zones of larger diameter. The bacteria were more resistant to orange extracts compared to passion fruit extracts, with complete inhibition at 24 and 6 h, respectively. On the other hand, the complete inhibition of the fungi was after 4 hours of action of extracts of the two fruits.

Keywords: Phenolic compounds, inhibition, *Passiflora edulis, Citrus sinensis,* bacteria, fungi.

INTRODUCCIÓN

Los desechos o subproductos agrícolas a nivel mundial son generados en grandes volúmenes, siendo sólo una mínima parte de ellos reutilizada (Ojeda y Cáceres, 2002), por lo que representan un problema ambiental (Londoño-Londoño *et al*., 2012).

A partir de los años 60, el mercado de los jugos y conservas de frutas empezó a desarrollarse en el Ecuador. Gracias al clima favorable del país, es posible el cultivo de varias frutas para la elaboración de bebidas y néctares; entre las que se encuentran maracuyá y naranja (Plaza, 2018).

El procesamiento del maracuyá genera alrededor del 75% de subproductos, respecto al peso de la fruta, mientras que

el de la naranja produce entre 45 y 60% de subproductos. Los subproductos del maracuyá son utilizados como material coadyuvante a la fermentación de yogurt (Do Espírito Santo *et al*., 2012) o potenciador de aromas (Leão *et al*., 2014), mientras que los de naranja son utilizados para la alimentación de rumiantes, obtención de aceites esenciales (Gonzales, 2007) y pectina (Rentería, 2014).

Los compuestos fenólicos, que se presentan de forma natural en las frutas y vegetales, poseen actividad antioxidante (Pérez-Nájera *et al*., 2013), actividad bacteriostática, fungicida y viricida, siendo más efectivos sobre las bacterias gram-positivas que sobre las gram-negativas (Abud-Blanco *et al*., 2015).

El consumo frecuente de frutas y vegetales está asociado a la mayor ingesta de compuestos fenólicos de carácter antioxidante, que conducen al menor desarrollo de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares (Tenea y Lara, 2019).

La actividad antimicrobiana de los compuestos fenólicos es de gran interés para aplicaciones en la industria de alimentos, debido a la mayor aceptación que tiene el consumidor hacia los productos naturales y al uso más restringido de los compuestos sintéticos, dada la toxicidad de estos últimos (Amensour *et al*., 2010). Las técnicas de extracción de compuestos fenólicos empleadas son las convencionales con solventes (Alara *et al*., 2018) y no convencionales como las asistidas con microondas (Alara and Abdurahman, 2019), asistidas con ultrasonido (Shirzad *et al*., 2017) y con fluidos supercríticos (De Zordi *et al*., 2014).

Con base en lo expuesto, el presente trabajo tuvo como objetivo investigar si los extractos alcohólicos del epicarpio-albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y del exocarpo-mesocarpio de la naranja (*Citrus sinensis*), poseen propiedades inhibitorias in vitro frente a dos bacterias gram-positivas *Listeria monocytogenes* y *Streptococcus mutans*, dos bacterias gram-negativas *Salmonella* spp, *Escherichia coli* y dos hongos *Penicillium* sp. y *Rhizopus* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de exocarpo-mesocarpio de naranja (EM naranja) se las obtuvo de un local de expendio de jugos de fruta, mientras que las de epicarpio-albedo de maracuyá (EA maracuyá) de frutas adquiridas en un mercado local, ambos de la ciudad de Manta, Ecuador.

Las muestras de EA maracuyá y de EM naranja se secaron en una estufa a una temperatura de 50°C. Una vez secos, los materiales se trituraron con ayuda de un molino casero (molino Corona, Colombia) y posteriormente se tamizaron, desechándose las partículas con tamaño superior a 1 mm.

Se utilizaron cepas de *Escherichia coli* (ATCC CECT-4076), *Salmonella* spp. (ATCC CECT-708), *Listeria monocytogenes* (ATCC CECT-5672) que fueron aisladas de queso perteneciente a una Colección Española de Cultivos Tipo (CECT). La cepa de *Streptococcus mutans* ATCC 35668, mientras que las cepas de *Penicillium* y *Rhizopus* fueron aisladas de mandarina y papaya respectivamente.

Extracción alcohólica

La extracción alcohólica se realizó de acuerdo con el método propuesto por Slinkard y Singleton (1977), 15 g del material molido se mezclaron con 150 mL de etanol (95% v/v) con agitación constante durante 24 h a 20°C. La mezcla obtenida se filtró y el filtrado se concentró en un evaporador rotatorio hasta que se obtuvo un residuo seco (Espinosa y Santacruz, 2017).

Curva de crecimiento

Para la realización de la curva de crecimiento se empleó el método propuesto por Puupponen *et al*. (2001). Se inoculó 10 mL de agua de peptona con 1 o 5% del cultivo (dependiendo del microorganismo) y posteriormente el extracto alcohólico, previamente extraído, se agregó en concentraciones de 0,05 y 0,1%. La solución preparada se inoculó en medios de cultivo específicos, agar Salmonella-Shigella (Tm media, India) para las bacterias *Listeria monocytogenes, Salmonella* spp., *Escherichia coli*, mientras que para *Streptococcus mutans* se usó el medio de cultivo agar sangre de cordero (Bioxon, México). Las muestras se diluyeron con agua de peptona para luego ser sembradas por triplicado en cajas Petri de 6 cm de diámetro, e incubadas a 37°C por 24 h. Se tomaron muestras del crecimiento bacteriano para los tiempos de 2, 4, 6, 8 y 24 h de incubación, para realizar un recuento de microorganismos haciendo uso de un contador de colonias (Suntex, Taiwan).

Inhibición *in vitro* de microorganismos

La actividad antimicrobiana de los extractos se determinó según CLSI (2009). Se inoculó el microorganismo a analizar en medio de cultivo agar y se incubó a 37°C durante 24 h. Se sumergieron discos de papel de filtro (Fisher Scientific Q2) de diámetro de 5 mm en una solución de los extractos con concentraciones de 0,05 y 0,1 %. Los discos se colocaron en el centro de una placa de Petri en donde se había sembrado previamente el microorganismo, para luego incubarla a 37°C durante 2 días. El diámetro de la zona de inhibición se midió después de 24 h por triplicado y se clasificó de la siguiente manera: no inhibición (6 mm), ligera inhibición (6 a 8 mm),

inhibición moderada (8 a 10 mm), +++: inhibición fuerte (>10 mm).

Diseño experimental

Se utilizó un arreglo factorial 2x2 en un diseño completamente al azar correspondiente al uso de dos factores: residuo de la fruta, con dos niveles (epicarpio-albedo del maracuyá y exocarpo-mesocarpio de la naranja) y concentración del extracto alcohólico, con dos niveles (0,05 y 0,1 %).

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Infostat (Infostat versión 2014, Argentina) para el análisis de varianza y la prueba de medias con el test de Tukey (p≤0,05 %). Todas las medidas se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inhibición *in vitro* de bacterias gram-positivas (*Listeria monocytogenes, Streptococcus mutans*) frente a extractos alcohólicos

Los resultados (Cuadro 1) mostraron una relación directa entre la concentración del extracto alcohólico y el diámetro de la zona de inhibición, sin que existan diferencias (p≤0,05). La concentración al 0,1% del extracto de EM naranja tuvo el mayor efecto inhibitorio sobre *Listeria monocytogenes* y *S. mutans*, y fue diferente al producido por el extracto de EA maracuyá al 0,05% (Cuadro 1). La inhibición de EM naranja al 0,1% sobre *L. monocytogenes* fue fuerte, mientras que para EA maracuyá al 0,05% sobre *S. mutans* fue ligera. Las diferencias en inhibición podrían ser el resultado de diferentes compuestos fenólicos presentes en las frutas analizadas. En ambos casos, el poder inhibitorio de los compuestos fenólicos sobre las bacterias gram-positivas puede deberse a su capacidad de afectar la pared celular de las bacterias (Puupponen *et al*., 2001). Corzo (2012) mostró la acción inhibitoria de los compuestos fenólicos de frutas sobre bacterias gram-positivas, con zonas de inhibición de 10 mm de diámetro a una concentración de 100 μg/μl. Resultados de inhibición similares, 10,67 mm, fueron obtenidos en la presente investigación a concentraciones menores de extracto (0,1%). Kim y Shin (2012) mostraron que los extractos de semilla de *Citrus trifoliate* tuvieron actividad inhibitoria contra *Listeria* pero no contra *S. mutans*. En este último caso, la falta de acción inhibitoria contra *S. mutans* podría deberse a la variedad de naranja utilizada.

Cuadro 1. Resultados del diámetro de la zona de inhibición de soluciones de extractos de EA maracuyá y EM naranja sobre *Listeria monocytogenes* y *Streptococcus mutans*

Tratamiento (concentración del extracto alcohólico, %)	*Listeria monocytogenes*	*Streptococcus mutans*
	Diámetro de la zona de inhibición (mm)	
M (0,05)[1]	8,22++^{A}	7,67+^{A}
M (0,1) [1]	9,22++^{A,B}	9,00++^{A,B}
N (0,05) [2]	9,11++^{A,B}	8,44++^{A,B}
N (0,1) [2]	10,67+++^{B}	9,33++^{B}

Valores promedios seguidos de letras superíndices diferentes indican diferencia estadística por la prueba de Tukey (p≤0,05 %).
-: no inhibición (6 mm), +: ligera inhibición (6 a 8 mm), ++: inhibición moderada (8 a 10 mm), +++: inhibición fuerte (>10 mm).
[1]M: extracto alcohólico del EA maracuyá
[2]N: extracto alcohólico del EM naranja

Inhibición *in vitro* de extractos alcohólicos frente a bacterias gram-negativas (*Salmonella* spp*, Escherichia coli*)

Los resultados (Cuadro 2) mostraron una relación directa entre la concentración del extracto alcohólico y el diámetro de la zona de inhibición solo para EM naranja, siendo mayor la inhibición para la más alta concentración (p≤0,05). La concentración al 0,1% de extracto alcohólico de EM naranja y EA maracuyá tuvieron el mayor efecto inhibitorio sobre *Salmonella* spp. (Cuadro 2), mientras que los extractos de EA maracuyá al 0,05% tuvieron la menor inhibición (p≤0,05). La concentración del extracto alcohólico de EA maracuyá al 0,1% tuvo el mayor efecto inhibitorio sobre la bacteria *Escherichia coli*, mientras que el menor efecto inhibitorio fue el obtenido por el extracto de EM naranja al 0,1%, p≤0,05 (Cuadro 2). La inhibición de EM naranja al 0,1% sobre *Salmonella* spp fue fuerte, mientras que contra *E. coli* fue ligera. Así mismo los extractos de EA maracuyá al 0,05% tuvieron una ligera acción antimicrobiana sobre *E. coli*.

Según Tahera *et al*. (2014) los extractos alcohólicos (mentanol y etanol) tuvieron efecto inhibitorio contra *Salmonella* spp, mientras que los extractos acuosos no tuvieron ningún efecto contra el microorganismo. Esto sugiere la existencia de actividad antimicrobiana de los compuestos extraídos con alcoholes. Extractos etanólicos de tallos de maracuyá mostraron actividad antimicrobiana contra *E. coli*, con una zona de inhibición de diámetro entre 7 y 9 mm, pero no contra *Salmonella* spp (Aernan *et al*., 2013). Al parecer la eficiencia del extracto depende no solo del solvente utilizado, sino de la concentración utilizada (Mohanasundari *et al*., 2007).

Cuadro 2. Resultados de la zona de inhibición de extracto alcohólico de EA maracuyá y EM naranja sobre *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*

Tratamiento	*Salmonella* spp	*Escherichia coli*
	Diámetro de la zona de inhibición (mm)	
M (0,05)[1]	7,89+[A]	8,33++[A,B]
M (0,1)[1]	9,22++[A,B]	9,78++[B]
N (0,05)[2]	8,44++[A]	8,78++[A,B]
N (0,1)[2]	10,22+++[B]	7,67+[A]

Valores promedios seguidos de letras superíndices diferentes indican diferencia estadística por la prueba de Tukey (p≤0,05 %).
-: no inhibición (6 mm), +: ligera inhibición (6 a 8 mm), ++: inhibición moderada (8 a 10 mm), +++: inhibición fuerte (>10 mm).
[1]M: extracto alcohólico del EA maracuyá
[2]N: extracto alcohólico del EM naranja

Inhibición *in vitro* de extracto alcohólico de EM naranja y EA maracuyá frente a hongos (*Penicillium* sp y *Rhizopus* spp)

Los resultados mostraron una relación directa entre concentración del extracto alcohólico y el diámetro de la zona de inhibición (p≤0,05), con excepción del EM naranja sobre *Penicillium* sp. La concentración al 0,05% de extracto alcohólico de EA maracuyá tuvo el menor efecto inhibitorio sobre *Penicillium*, en relación a los otros tres tratamientos, los cuales fueron similares entre sí (p≤0,05) (Cuadro 3). Los extractos alcohólicos de EM naranja y EA maracuyá a 0,05% tuvieron iguales efectos de inhibición sobre *Rhizopus*, que los extractos de EM naranja a la misma concentración, siendo menores al efecto inhibitorio de EM naranja y EA maracuyá al 0,01%, p≤0,05 (Cuadro 3). La acción inhibitoria de extractos de EA maracuyá al 0,05% fue ligera sobre ambos hongos, así como los de EM naranja al 0,05% sobre *Rhizopus* spp. No hubo acción inhibitoria fuerte de ninguno de los extractos sobre los hongos estudiados.

Christ-Ribeiro *et al*. (2019) emplearon extractos del pericarpio de arroz y spirulina e inhibieron el crecimiento de *Penicillium verrucosum* y *Rhizopus oryzae* en el 39,8 y 20,2%, respectivamente. A pesar de no poder comparar directamente los resultados con los del presente estudio, es evidente la presencia de compuestos fenólicos con efecto antifúngico en ambos casos.

Cuadro 3. Resultados del diámetro de la zona de inhibición de extracto alcohólico de EA maracuyá y EM naranja sobre *Penicillium* y *Rhizopus*

Tratamiento	*Penicillium* sp.	*Rhizopus* spp.
	Diámetro de la zona de inhibición (mm)	
M (0,05)[1]	7,67+[A]	7,44+[A]
M (0,1)[1]	9,22++[B]	9,11++[B]
N (0,05)[2]	9,11++[B]	7,67+[A]
N (0,1)[2]	9,56++[B]	9,0++[B]

Valores promedios seguidos de letras superíndices diferentes indican diferencia estadística por la prueba de Tukey (p≤0,05 %)
-: no inhibición (6 mm), +: ligera inhibición (6 a 8 mm), ++: inhibición moderada (8 a 10 mm), +++: inhibición fuerte (>10 mm).
[1]M: extracto alcohólico del EA maracuyá
[2]N: extracto alcohólico del EM naranja

Curvas de crecimiento de Listeria monocytogenes, *Streptococcus mutans*, *Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Penicillium* sp, y *Rhizopus* spp frente a extractos alcohólicos de EM naranja y EA maracuyá

En la figura 1 se puede observar que las UFC (normalizadas) de *Listeria monocytogenes* y *Streptococcus mutans* en presencia de extractos alcohólicos de EA maracuyá y EM naranja a la concentración de 0,1% disminuyó en un período de 6 h, luego de lo cual se redujo la velocidad de disminución. Los extractos de EA maracuyá produjeron una mayor reducción de las UFC frente a estas dos bacterias gram-positivas en relación a los de EM naranja en el transcurso de las 24 h de estudio. Según Pupponen *et al*. (2001) las variaciones de poder inhibitorio encontradas pueden deberse a las diferencias estructurales de las superficies celular de las bacterias.

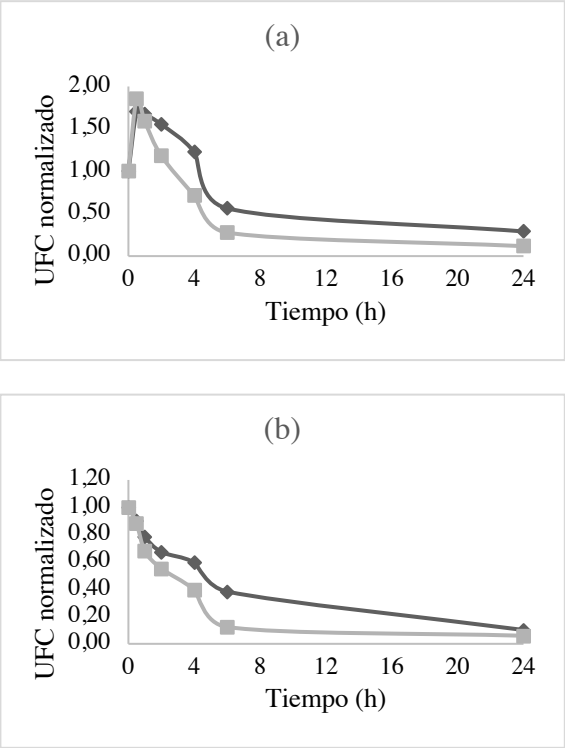


Figura 1. Curva de crecimiento de (a) *Listeria monocytogenes* y (b) *Streptococcus mutans* frente a extractos alcohólicos de EM naranja (rombos sombreados) y EA maracuyá (cuadrados sombreados) al 0,1%

En la figura 2a, se observa que la inhibición de *Salmonella* spp. a partir de las 6 h de análisis fue completa bajo la acción de extractos de EA maracuyá a la concentración de 0,1%, siendo esta inhibición mayor que la de EM naranja. En el Figura 2b, se puede observar que la bacteria *Escherichia coli* se inhibió completamente a las 6 h de estudio en presencia de extractos de las dos frutas.

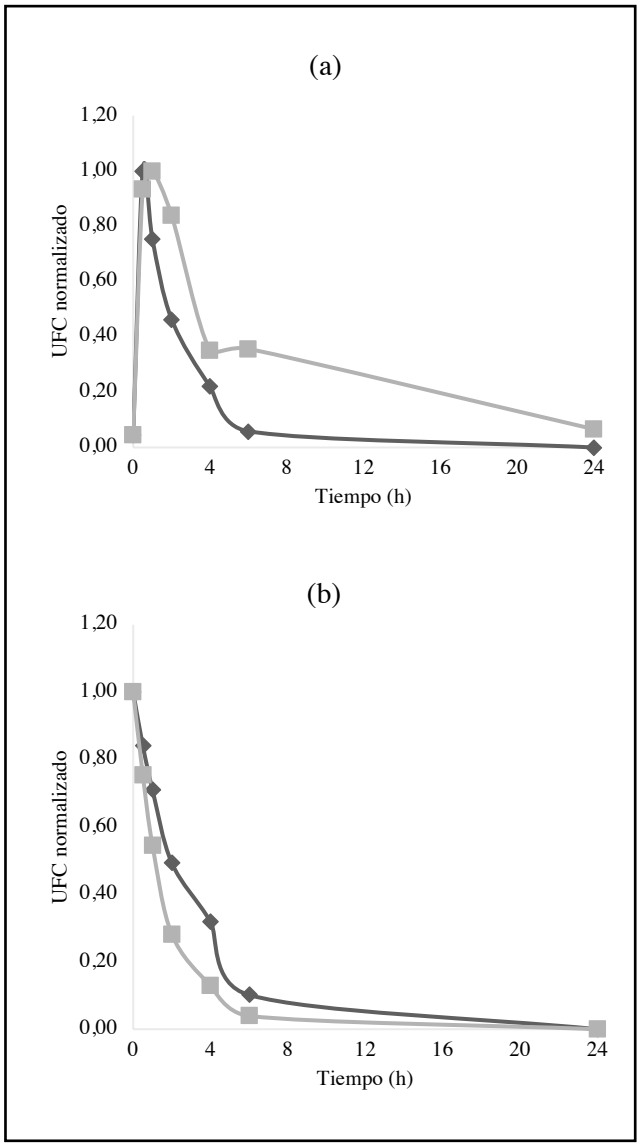


Figura 2. Curva de crecimiento de (a) *Salmonella* spp y (b) *Escherichia coli* frente a extractos alcohólicos de EM naranja (rombos sombreados) y EA maracuyá (cuadrados sombreados) al 0,1%

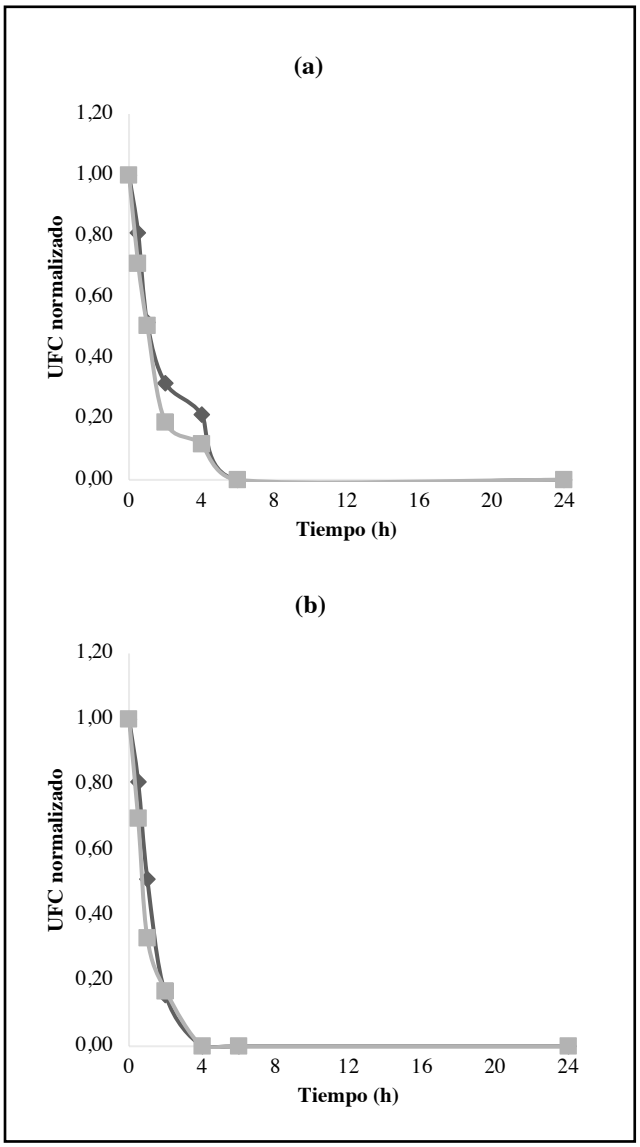


Figura 3. Curva de crecimiento de (a) *Penicillium* sp y (b) *Rhizopus* spp frente a extractos alcohólicos de EM naranja (rombos sombreados) y EA maracuyá (cuadrados sombreados) al 0,1%

La inhibición total de *Rhizopus* spp y *Penicillium* sp se da a partir de las 4 y 6 horas respectivamente (Figura 3) mediante el empleo de extractos alcohólicos tanto de EM naranja como de EA maracuyá a una concentración del 0,1%.

Carrillo-Inungaray *et al*. (2006) mostraron que la inhibición de *Penicillium digitatum* y *Rhizopus oryzae* en presencia de soluciones con solutos de carácter orgánico e inorgánico se debe a la disminución de la actividad de agua. Posiblemente, la presencia de compuestos fenólicos podría producir cambios de actividad de agua que también contribuyan a la inhibición de los microorganismos.

CONCLUSIONES

Soluciones de extractos alcohólicos en concentraciones del 0,1%, de exocarpo-mesocarpio de naranja y epicarpio-albedo de maracuyá, tuvieron el mayor poder inhibitorio frente a *Listeria monocytogenes, Streptococcus mutans, Salmonella* spp, *Escherichia coli, Penicillium* sp, y *Rhizopus* spp. El método de difusión de discos mostró que las bacterias fueron más inhibidas por los extractos del exocarpo-mesocarpio de la naranja y los del epicarpio-albedo del maracuyá en relación a los hongos, con inhibiciones completas entre las 6 y 24 h. Por otro lado, se observó que la inhibición completa de los hongos se dio entre las 4 y 6 h, por acción de ambos extractos.

LITERATURA CITADA

Abud-Blanco, K., Bustos-Blanco, L., Covo-Morales, E., Fang-Mercado, L. 2015. Actividad antimicrobiana de los compuestos fenólicos sulfonados en el sistema de conductos radiculares. Revisión sistemática. Revista CSV. 7(2): 53-60.

Aernan, P., Aondofa, T., Angbian, T. 2013. In-Vitro Antibacterial Activity of Leaf and Stem Extract of Passiflora edulis (Passion Fruit) Planted in Federal University of Agriculture Makurdi, Central Nigeria. International Journal of Science and Research. 5: 499-503

Alara, O., Abdurahman, N., Ukaegbu, C. 2018. Soxhlet extraction of phenolic compounds from Vernonia cinerea leaves and its antioxidant activity. J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants. 11: 1-6

Alara, O., Abdurahman, N. 2019. Microwave-assisted extraction of phenolics from Hibiscus sabdariffa calyces: kinetic modelling and process intensification Ind. Crop. Prod. 137: 528-535

Amensour, M., Sendra, E., Abrini, J., Perez- Álvarez, J., Fernandez-Lopez, J. 2010. Actividadad antioxidante y compuestos fenólicos de extracto de mirto. CyTA-Journal of Food. 8(2): 95-101.

Carrillo-Inungaray, M., Ramírez-Zapata, M., Martínez-Castilleja, J. 2006. Efecto de solutos sobre el crecimiento de hongos deteriorativos de alimentos. Efecto de solutos sobre los parámetros de crecimiento de moldes de alimentos de alimentos. CyTA- Journal of Food. 5(2):142-146.

Clinical and Laboratory Standards Institute. 2009. Method for antifungal disk diffusion susceptibility testing of yeasts; Approved Guideline-Second Edition. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute CLSI document M44–A2

Corzo, D. 2012. Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólica. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 43(3): 66-70

Christ-Ribeiro, A., Graça, C., Kupski, L., Badiale-Furlong, E., de Souza-Soares, L. 2019. Cytotoxicity, antifungal and antimycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and Spirulina sp. Process Biochemistry. 80: 190-196

De Zordi, N., Cortesi, A., Kikic, I., Moneghini, M., Solinas, D., Innocenti, G., Portolan, A., Baratto, G., Dall'Acqua, S. 2014. The supercritical carbon dioxide extraction of polyphenols from propolis: a central composite design approach. J. Supercrit. Fluids. 95: 491-498. DOI:https://10.1016/j.supflu.2014.10.006

Do Espírito Santo, A., Perego, P., Convertí, A., Oliveira, M. 2012. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. LWT - Food Science and Technology. 47(2): 393-399.

Espinosa, A., Santacruz, S. 2017. Phenolic compounds from the peel of Musa Cavendish, Musa acuminata and Musa cavandanaish, Ecuador. Revista Politécnica 38(2): 69-74

Gonzales, N. 2007. Elaboración de galletas con harina de bagazo de naranja. Tesis Licenciatura. UAEH. Hidalgo, Mexico. p 82

Kim, S., Shin, K. 2012. Antimicrobial Activity of Trifoliate Orange *(Poncirus trifoliate)* Seed Extracts on Gram-Positive Foodborne Pathogens. Korean J. Food & Nutr. 25: 284-290

Leão, M., Sampaio, L., Pagani, C., Da Silva, M. 2014. Odor potency, aroma profile and volatiles composition of cold pressed oil from industrial passion fruit residues. Industrial Crops and Products. 58: 280

Londoño-Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo, A., Pássaro, C. 2012. Aprovechamiento de los subproductos citrícolas. Medellín, Colombia, Corporación Universitaria Lasallista. P 367.

Mohanasundari, C., Natarajan, D., Srinivasan, K., Umamaheswari, Ramachandran, A. 2007. Antibacterial properties of *Passiflora foetida* L. – a common exotic medicinal plant. African Journal of Biotechnology. 6: 2650 – 2653.

Ojeda, F., Cáceres, O. 2002. Principales avances en la utilización de los subproductos agroindustriales. Pastos y Forrajes. 25(1): 21

Pérez-Nájera, V., Lugo-Cervantes, E., Gutiérrez-Lomelí, M., Del-Toro-Sánchez, C. 2013. Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus limetta* risso) y determinación de su actividad antioxidante. Biotecnia. 15(3): 18-22.

Plaza, M. 2018. Análisis del comportamiento de consumo de pulpa congelada de frutas exóticas ecuatorianas en la ciudad de Guayaquil. Tesis. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil. EC.

Puupponen, R., Nohynek, L., Meier, C., Kahkonen, M., Heinonen, M., Hopia, A., Oksman, K. 2001.

Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. Journal of Applied Microbiology. 90: 494-507

Rentería, J. 2014. Procesamiento de frutas de maracuyá (*Pasiflora edulis*) para obtención de pectina. Tesis Ingeniería. UTMACH. Machala. EC. p 55.

Shirzad, H., Niknam, V., Taheri, M., Ebrahimzadeh, H. 2017. Ultrasound-assisted extraction process of phenolic antioxidants from Olive leaves: a nutraceutical study using RSM and LC–ESI–DAD–MS. J. Food Sci. Technol. 54: 2361-2371. DOI: https://10.1007/s13197-017-2676-7

Slinkard, K., Singleton, V.L. 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture. 28: 49-55

Tahera, J., Feroz, F., Das Senjuti, J., Kanta Das, K., Noor. R. 2014. Demonstration of Anti-Bacterial Activity of commonly available Fruit Extracts in Dhaka, Bangladesh. American Journal of Microbiological Research. 2: 68-73

Tenea, G., Lara, M. 2019. Compuestos Antimicrobianos Producidos por Weissella confusa Cys2-2 inhiben el crecimiento de bacterias gram-negativas. CyTA - Journal of Food. 17(1): 105-111

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE CALCETA, MANABÍ

ORIGIN AND COMPOSITION OF SOLID WASTE IN CALCETA CITY, MANABÍ

Ángela Juliana Cárdenas Astudillo, María Mercedes Vásquez Vera, Mary Laura Vera Bravo, Isabel Andrea Villamil Valencia, José Manuel Calderón Pincay

Ingeniería Ambiental - Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM-MFL)

Email: angela.cardenas@espam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Nota técnica

Recibido:
22/08/2022

Aceptado:
21/12/2022

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
13(2):62-65

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.311

Resumen

Una forma de controlar lo que pasa en el planeta es conocer cómo manejarlo. El presente artículo de análisis tuvo como objetivo determinar el origen de los residuos sólidos (RS) generados por las diferentes actividades desarrolladas en 8 puntos estratégicos ubicados a lo largo y ancho de la ciudad de Calceta. Se aplicaron técnicas como la entrevista y la encuesta, como contribuyente para el levantamiento de información. Se seleccionaron 169 personas. De la población encuestada, el 70% cuenta con conocimientos generales acerca del tema, un 64% realiza la separación de desechos, según su naturaleza orgánica e inorgánica; a su vez también se estableció que la mayor cantidad de RS proviene de la fracción orgánica (57%). Por último, se determinó que el 23% de los individuos ha recibido capacitación acerca de cómo manejar adecuadamente los RS, lo cual evidenció el desinterés como uno de los principales causantes de la desinformación acerca del tema anteriormente planteado.

Palabras clave: residuos sólidos, origen, conocimiento, manejo

Abstract

One way to control what happens on the planet is to know how to manage it. The objective of this analysis article was to determine the origin of the solid waste (RS) generated by the different activities carried out in 8 strategic points located throughout Calceta city. Techniques such as the interview and the survey were applied, as a contributor to the information collection. 169 people were selected. Of the population surveyed, 70% have general knowledge about the subject, 64% carry out the separation of waste, according to its organic and inorganic nature; in turn, it was also established that the greatest amount of RS comes from the organic fraction (57%). Finally, it was determined that 23% of individuals have received training on how to properly manage RS, which evidenced disinterest as one of the main causes of misinformation on the previously raised topic.

Keywords: solid waste, origin, knowledge, management.

INTRODUCCIÓN

A pesar de las mejoras alcanzadas durante la última década, 170 millones de personas viven bajo impactos ambientales graves a causa de la gestión ineficiente de residuos que afecta a la biosfera, la salud ambiental y humana (ONU, 2017), situación que aumenta debido a que el crecimiento urbano ha sobrepasado el 80% en los países en desarrollo y cuyo 75% de residuos sólidos corresponden a la fracción orgánica (Rodríguez y Baca, 2021).

En el mundo, anualmente se genera aproximadamente 1,4 billones de toneladas de Residuos Sólidos (RS) (Rondón *et al.* 2016) ; de los cuales, la mitad es producida únicamente por 30 países (15%). Según lo señalado por el Banco Mundial (2018), esta generación de desechos tendrá un incremento del 70% para el año 2050. En América Latina y el Caribe, se proyecta un incremento de 540.000 toneladas de RS a 671.000 toneladas para el año 2050; según Grau *et al.* (2015) el 67% son producidos por las actividades del hogar. El MAATE (2019) señala con base en el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) que, en Ecuador se producen por año un estimado de 5,2 millones de toneladas de residuos de tipo sólido. Según Alcocer *et al.* (2019) gran parte de los residuos provienen de la zona urbana debido a la incidencia de comercios y establecimientos que radican en dicha área.

Este panorama solo empeora, ya que, en las ciudades costeras de Ecuador, se estima que aproximadamente el 46% de la ciudadanía no tiene conocimiento sobre normativas para la gestión de los RS, y el 15% desconoce sobre los daños ambientales y afectaciones a la salud pública que se genera por la disposición inadecuada (Choez *et al.,* 2021). Lo que deriva, por ejemplo, en la propagación de enfermedades debido a la proliferación de vectores, disminución de la calidad paisajística y perjuicios notorios a los ecosistemas costeros (Castañeda y Pérez, 2015); viéndose afectadas la flora y fauna marina (Molina *et al.,* 2021), ya que alrededor de 8 millones de toneladas de plásticos que representan el 70% de la basura urbana termina en los océanos (Pascoe y Mendoza, 2021).

Para comprender a fondo una problemática es necesario conocer las causas que la generan; por ello, mediante el presente artículo de análisis se busca determinar las cualidades (origen y composición) de los Residuos Sólidos (RS) generados en la ciudad de Calceta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en ocho puntos estratégicos de la ciudad de Calceta (Figura 1) para determinar las características de los RS; dentro del área de estudio, estas características correspondieron al origen y composición de los RS.

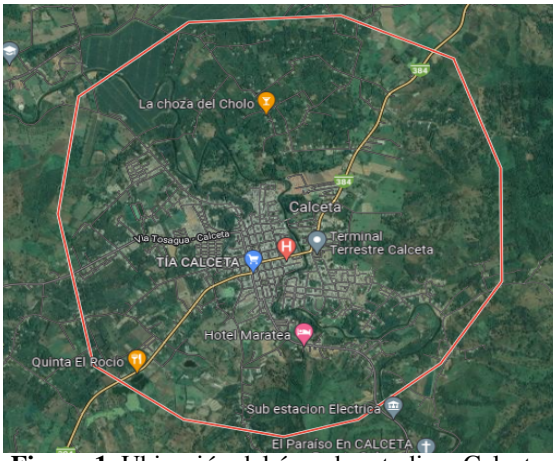


Figura 1. Ubicación del área de estudio – Calceta

Las técnicas empleadas fueron la observación, encuesta y entrevista, para lo que se tomó como base a estudios previamente realizados de Díaz (2010) con relación al levantamiento de información acerca del origen y composición de los RS. Se realizó visitas técnicas a los ocho puntos: A1: mercado central y alrededores, A2: Puente rojo, A3: 10 de Agosto entre César Ovidio Villamar y 13 de Octubre, A4: Avenida Estudiantil hasta UEMAG, A5: Ciudadela Camino Ponce, A6: Plaza Cívica y alrededores, A7: San Bartolo, A8: Platanales. Posterior a esta, se aplicó encuestas a 149 personas y entrevistas a 20 personas, mismas que comprendieron 10 y 13 preguntas respectivamente. Se realizó la tabulación e interpretación de resultados, aplicando lo expuesto por Schettini y Cortazzo (2015), enfatizando los criterios del origen y composición de los RS generados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en el gráfico 1, en la ciudad de Calceta el 70% de los encuestados conocen el significado de RS, evidenciándose un desconocimiento en el 30% restante. Se interpreta este desconocimiento al desinterés de las autoridades en capacitaciones y poca importancia que las personas le dan al tema de residuos sólidos. El desinterés de las personas en temas de residuos es un problema mundial, en Colombia en la investigación de Sánchez *et al.* (2019) sobre la opinión de los hogares sobre la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en Bogotá el 43,5 % las personas entrevistadas respondieron que a pesar de tener herramientas tecnológicas de reciclaje cerca de sus hogares, no las utilizarían, mencionando que es un tema que no es de interés.

También, se observó que el 61% de las personas encuestadas sí separan los desechos que generan a diario; mientras un 36% no realiza dicha acción, ya sea porque no lo creen necesario o desconocen cómo hacerlo. A diferencia que en la investigación de Fernández *et al.*

(2019) en donde hablan del aprovechamiento de los residuos en un mercado de abasto de Neiva, obtuvieron que un 79% no separa ni clasifica los residuos de su negocio, mencionando que desconocen cómo se hacen esos procesos, además, nunca han recibido capacitaciones sobre el manejo de residuos, cabe destacar, que sí están dispuestos a participar en capacitaciones sobre el tema.

La producción de RS en las distintas áreas de estudio fue variada. Se obtuvo la mayor proporción en la fracción orgánica (57% de los residuos generados); en segundo plano, se obtuvo un 42% de plástico y caucho, debido a los diferentes locales, comerciales y establecimientos presentes en el área, valores que se encuentran encasillados en lo mencionado por el MAATE (2020) en donde especifica que en el Ecuador se genera más de cinco millones de toneladas anuales, de los cuales el 56,2% corresponde a residuos orgánicos y el 43,8% a inorgánicos.

Por otro lado, la poca educación ambiental fue uno de los principales problemas encontrados en el presente estudio. Esto se manifestó en que 77% de los moradores no ha recibido ningún tipo de capacitación con respecto al manejo y gestión de residuos, mientras que el 23% restante ratificó haberlas recibido únicamente en su lugar de trabajo y no por parte de la autoridad municipal. Cabrejo (2018) en su investigación en Bogotá, sobre la educación ambiental para el manejo de residuos sólidos, obtuvo que el 72,1% de las personas relacionaban la educación ambiental como una problemática ambiental, y que es necesario asumir o apoyar acciones de mejora para mantener un entorno saludable, sin embargo, el restante mencionó que la educación ambiental es un cambio en la actitud de las personas enfocándose en temas ambientales.

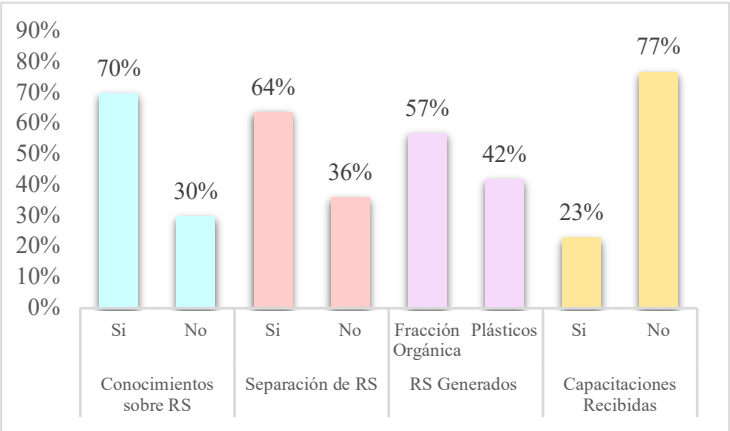


Figura 2. Resultados generales

Bartra y Delgado (2020) determinaron en su estudio que para realizar un manejo eficiente de los residuos sólidos es necesario involucrar a la población y educar en temas ambientales. Así mismo, Sánchez *et al*. (2019) afirman que es preciso que la educación ambiental trascienda, para que las acciones de los moradores promuevan una gestión de RS coherente con base en términos de la economía circular. Los residuos orgánicos son mayormente originados dentro de las ciudades. Francisco y Rodríguez (2010) indican en su trabajo de investigación que en su zona de estudio se genera un 94% de residuos de origen orgánico, siendo este el predominante en los países en vía de desarrollo.

Por otro lado, el plástico generado se considera un material recuperable. Huaraca y Matos (2009) mencionan que este material es la base que sustenta la elaboración de planes o programas de reutilización y/o reciclaje en las ciudades. Por esto, separar los RS es de gran importancia para cumplir con dichos planes, aprovechando los materiales mencionados anteriormente. Además, están los residuos aprovechables, que dicho por el Texto Unificado de Legislación segundaria del Medio Ambiente (TULSMA) (2015), es de obligación de empresas privadas y municipales impulsar y establecer programas de aprovechamiento mediante procesos en los cuales los residuos son recuperados, dadas sus características, sean reincorporados en el ciclo económico y productivo en forma eficiente, a través de cualquier alternativa de tratamiento de los RS utilizadas en el país.

CONCLUSIÓN

Se concluye que en la ciudad de Calceta se producen diferentes tipos de residuos y desechos, que en caso de no ser manejados correctamente puede traer consigo varias consecuencias que no favorecen ni a los ciudadanos ni al ambiente. Se evidenció que existe poca cultura en la separación de residuos sólidos y un desconocimiento total de la contaminación que se puede generar si estos no se procesan adecuadamente. El 57% de los residuos tienden a ser de carácter orgánico, mismos que al no ser tratados adecuadamente se constituyen en un foco generador de malos olores. Por otro lado, el plástico que se genera en un 42% por lo general tiende a ser separado ya que suele ser fuente de tratamiento debido, a que es conocido como una fuente económica en el ciclo de aprovechamiento. Ante los resultados obtenidos se recomienda elaborar planes adecuados para la localidad, de acuerdo a las características poblacionales.

LITERATURA CITADA

Alcocer, P., Cevallos, O. y Knudsen, J. 2019. Mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el cantón de Quevedo, Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 11(5), 362-367.

Banco Mundial. 2018. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Obtenido de Grupo Banco Mundial: https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-

percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report

Bartra, J. y Delgado, J. 2020. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 4(2), 993-1008.

Cabrejo, A. 2018. La Educación Ambiental en el manejo de residuos sólidos en El Centro de Materiales y Ensayos – SENA, Bogotá. Obtenido de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16121/2018angelacabrejo.pdf

Castañeda, G. y Pérez, A. 2015. La problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas. Región y sociedad, 97-115.

Choez, V., Menéndez, P., Veliz, E. y Lucio, L. 2021. Corresponsabilidad ciudadana sobre el manejo de residuos sólidos en la ciudad de Jipijapa. UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria. 5 (2): 1-16.

Fernández, A., Duque, Y. y Valderrama, C. 2019. Análisis y caracterización del aprovechamiento de residuos vegetales generados en la central de abastos Merca-Neiva. Revista Ingeniería y Región, 20. doi:DOI 10.25054/22161325.2086

Francisco, A. y Rodríguez, Y. 2010. Caracterización residuos sólidos domiciliarios en santo domingo oeste, provincia santo domingo, (I). Ciencia y Sociedad, 35(4).

Grau, J., Terraza, H., Rodríguez Velosa, D. M., Rihm, A. y Sturzenegger, G. 2015. Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo (BID): https://publications.iadb.org/es/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe

Huaraca, K. y Matos , R. 2009. Caracterización de Residuos Domiciliarios del Distrito de Matucana. Revista de Investigación Universitaria, 1(1), 59-66. doi:https://doi.org/10.17162/riu.v1i1.1

MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica). 2020. Ecuador impulsa la gestión adecuada de residuos orgánicos en las ciudades. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-la-gestion-adecuada-de-residuos-organicos-en-las-ciudades/

MAATE (Ministerio de Ambiente, Agua Y Transición Ecológica del Ecuador). 2019. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf

Molina, R., Gómez, W. y De la Cruz, J. 2021. Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur, 2016-2021. Polo del Conocimiento, 6(5), 458-478.

ONU (Organización de Naciones Unidas). 2017. Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día. [citado 2023 enero 24]. Disponible en: https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-elcaribe

Pascoe, S. y Mendoza, M. 2021. Capítulo 13. Nopal como base para elaborar plástico biodegradable. 109-11. . En: Portillo L., R. Soltero, A. L. Vigueras y R. de L. Romo (editores). Opuntia: aportaciones a su conocimiento y aprovechamiento. Universidad de Guadalajara, México.

Rodríguez, A. y Baca, K. 2021. Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas. 42 (1): 49-61. doi:10.26807/remcb.v43i1.919

Sánchez, M., Cruz, J. y Giraldo , J. 2019. Análisis de la opinión de los hogares sobre la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en Bogotá. Semestre Economico, 22(52). doi:HTTPS://DOI.ORG/10.22395/SEEC.V22N52A5

Schettini, P. y Cortazzo, I. 2015. Análisis de datos cualitativos en la investigación social : procedimientos y herramientas para interpretación de la información cualitativa (1era ed.). Buenos Aires, Argentina . Recuperado el 16 de junio de 2020, de https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/451/416/1497-1

Texto Unificado de Legislación Segundaria del Medio Ambiente TULSMA. 2015. Acuerdo No. 061. Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf